VERHANDELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

VAN

WETENSCHAPPEN.

VIJF EN TWINTIGSTE DEEL.

MET PLATEN.

AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER
1887.

VERHANDELINGEN

DER

KONINKLIJKE AKADEMIE

VAN

WETENSCHAPPEN.

VIJF EN TWINTIGSTE DEEL.

MET PLATEN.

AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER.
1887.

DE TOESTAND DER LIJKEN

NA

ARSENICUM-VERGIFTIGING.

EENE GERECHTELIJK-GENEESKUNDIGE STUDIE

DOOR

T. ZAAIJER.

Uitgegeven door de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam.

AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER.
1885.

DE TOESTAND DER LIJKEN

NA

ARSENICUM-VERGIFTIGING.

EENE GERECHTELIJK-GENEESKUNDIGE STUDIE

DOOR

T. ZAAIJER.

Uitgegeven door de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam.

AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER.
1885.

DE TOESTAND DER LIJKEN

NA

ARSENICUM-VERGIFTIGING.

EENE GERECHTELIJK-GENEESKUNDIGE STUDIE

DOOR

T. ZAAIJER.

INLEIDING.

De geruchtmakende, onlangs voor het Gerechtshof te 's Gravenhage behandelde, vergiftigingszaak van MARIA CATHARINA SWANENBURG, huisvrouw van JOHANNES VAN DER LINDEN, is de aanleiding geweest tot het bewerken der Verhandeling, die ik de eer heb thans aan de Akademie aan te bieden.

Het onderzoek van de lijken der talrijke slachtoffers van deze giftmengster, die in het aantal harer gruweldaden hare gelijken bijna niet heeft en slechts door zeer weinigen overtroffen wordt, werd door de rechterlijke autoriteiten opgedragen aan den Prosector bij het Anatomisch Kabinet te Leiden Dr. P. DE KONING en aan mij.

Ik hoop later gelegenheid te kunnen vinden tot het geven van een meer uitvoerig verslag omtrent de bijzonderheden van dat onderzoek en bepaal mij thans tot het bespreken van den invloed, dien het toegediende arsenicum op de snelheid van het verloop van de ontbinding der lijken vrij algemeen geacht

A 1

wordt uit te oefenen. Voornamelijk wensch ik de vraag of er grond bestaat tot het aannemen eener z.g. arsenicum-mumificatie aan de bestaande gegevens te toetsen.

Het lijk ondergaat, onder den invloed van verschillende omstandigheden, zeer verschillende veranderingen. Deze zijn van zóó uiteenloopenden aard, dat het in vele gevallen uiterst moeielijk, zoo niet geheel onmogelijk zal zijn uit het voorkomen van het lijk den tijd te bepalen, die sedert den dood verloopen is. ORFILA *, steunende op eene zeer rijke ervaring, deelt mede dat lijken, op denzelfden tijd begraven, zeer groote verschillen in den graad der ontbinding vertoonen en is overtuigd dat men uit den toestand van het lijk met geen mogelijkheid het tijdsverloop na den dood afleiden kan. CASPER † daarentegen (en ED. HOFMANN § sluit zich hieromtrent bij hem aan) is van oordeel dat, indien men nauwkeurig acht geeft op de voorwaarden, die de ontbinding beheerschen, men in de meeste gevallen in staat zal zijn ook bij lijken, waarvan de ontbinding reeds ver gevorderd is, bij benadering den tijd te bepalen, die sedert den dood verloopen is.

De middenstof, waarin het lijk verkeert, is hier van groote beteekenis. Volgens CASPER kan men aannemen dat, bij tamelijk gelijke, gemiddelde temperaturen, de graad van ontbinding van een lijk, dat gedurende eene week (maand) in de open lucht gelegen heeft, zal overeenkomen met dien van een, dat gedurende twee weken (maanden) in het water of gedurende acht weken (maanden) op de gewone wijze in de aarde gelegen heeft.

Mijne wel is waar niet zeer uitgebreide ervaring doet mij meer overhellen naar de meening van ORFILA dan naar die van CASPER en HOFMANN.

De meest gewone wijziging, welke het lijk ondergaat, is die der verrotting in verschillende vormen; somtijds is het verloop daarvan zeer snel, in andere gevallen betrekkelijk langzaam. Ruime toetreding van lucht, met mikro-organismen bezwangerd, en eene voldoende hoeveelheid water nemen onder de versnellende oorzaken eene belangrijke plaats in. Indien de hoeveelheid water

---

* ORFILA et LESUEUR, *Traité des exhumations juridiques*, Paris, 1831, T. 1, p. 326 en 339.

† CASPER's *Handbuch der gerichtlichen Medicin.* Neu bearbeitet und vermehrt von Dr. CARL LIMAN, 7e Aufl., Berlin 1882, Bd. 2, S. 35.

§ ED. HOFMANN, *Die forensisch wichtigsten Leichenerscheinungen* in EULENBERG's *Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen*, Neue Folge, 1877, Bd. 26, S. 279.

echter zekere grenzen overschrijdt, indien het lijk geheel onder water ligt of zelfs in een zeer vochtigen bodem dan werkt het water niet meer versnellend, maar daarentegen vertragend op het ontbindingsproces. De weeke deelen worden daarbij in lijkenvet, adipocire, omgezet, hetgeen zeer lang aan verdere ontleding weerstand biedt.

Is de toevoer van water echter zóó gering dat het rottingsproces geen voortgang kan hebben dan droogt, onder gunstige omstandigheden, het lijk min of meer volledig uit; het behoudt daarbij over het algemeen zijn vorm, ook in de gelaatstrekken, maar vermindert natuurlijk door het min of meer volledig verlies van het groote watergehalte van het lichaam zeer belangrijk in gewicht. De huid wordt meestal bruinrood van kleur, droog, lederachtig; zijn de spieren geheel verdroogd dan ligt de huid dicht op de beenderen. De inwendige organen doen zich hierbij zeer verschillend voor en zijn somtijds voor een deel geheel verdwenen. De reuk wijkt geheel af van dien van een in gewone ontbinding verkeerend lijk en herinnert in sommige gevallen zeer duidelijk aan dien van oude kaas.

Men heeft deze uitdroging der lijken als droge mumificatie gesteld naast de vette mumificatie (verzeeping), die door de vorming van lijkenvet gekenmerkt wordt. Beide processen zijn evenwel in aard zeer verschillend en hebben alleen dit gemeen dat de lijken door beide gedurende zeer langen tijd voor geheelen ondergang bewaard kunnen blijven.

De drie hier aangestipte vormen komen niet altijd geheel afzonderlijk voor; niet zelden zijn zij op verschillende wijzen met elkander gecombineerd.

De mumificatie (verdroging) der lijken is natuurlijk of kunstmatig.

Bij de natuurlijke mumificatie ondergaat het lijk geene voorafgaande bewerking; onder bijzondere omstandigheden, afhankelijk van den bodem, waarin het rust, van de temperatuur, van de oorzaak van den dood enz. verdroogt het zonder te verrotten. Bij de kunstmatige mumificatie wordt dit doel in den regel veel vollediger bereikt door kunstbewerkingen van zeer verschillenden aard.

De natuurlijke mumificatie is volstrekt geen zeldzaam verschijnsel en zij heeft steeds in hooge mate de aandacht getrokken. PAUSANIAS * deelt reeds het volgende hieromtrent mede: „ARISTARCHUS verhaalt dat, toen in zijn tijd de Eliërs den tempel van Hera te Olympia herstelden, het met wonden overdekte lijk

* V. 2, p. 428.

van een soldaat gevonden is „tusschen het dak, dat tot sieraad dient en dat, waarop de pannen liggen.” De man had deel genomen aan den strijd tusschen de Lacedaemoniërs en de Eliërs. Deze laatsten klommen bij hunne verdediging op de tempels en andere hooge gebouwen. Het scheen dat de man daar zieltogende ingekropen was. Toen hij den geest gegeven had kon noch zomerhitte, noch winterkoude het lijk deren, omdat het op eene plaats lag, die aan alle kanten afgesloten was”.

Een aantal waarnemingen van lang na den dood bewaard gebleven lijken werd door RAYNAUD *, GARMANN † en MEDICUS § bijeengebracht. GARMANN wijdde het derde boek van zijn zonderling werk geheel aan dit onderwerp en gaf daaraan den titel: „*De cadaverum incorruptibilitate et mummiis*”. Hij verhaalt o. a. van het lijk van Keizer KAREL V, dat, bijna honderd jaren na zijn dood, op hoog bevel werd opgegraven om naar elders overgebracht te worden en nog in zeer goeden toestand verkeerde **.

Meer nauwkeurige onderzoekingen omtrent natuurlijke mumiën werden medegedeeld door BURDACH ††. Twee lijken, een van een man en een van eene vrouw, waren in 1632 in de kerk te Haljal tusschen Narwa en Reval begraven en daarna bewaard gebleven. Zij werden aan PETER DEN GROOTE, toen deze zich met zijn leger in den omtrek bevond en aan de waarheid van het omtrent die lijken medegedeelde twijfelde, vertoond. In 1752 waren zij, volgens getuigenis van JACOB VON STÄHLIN §§, geheel uitgedroogd, geelachtig en zonder eenigen reuk. Ten tijde van BURDACH (1814) waren de beide lijken nog ongeveer in denzelfden toestand op de anatomie te Dorpat. In een stuk van de maag van het mannenlijk zouden door GRINDEL sporen van arsenicum aangetoond zijn. BURDACH maakt ook nog melding van een goed bewaard vrouwenlijk, dat gevonden was op eene begraafplaats, waar sedert 40 jaren geen lijk meer was bijgezet; de overige lijken waren vergaan. Uit den toestand der

---

* THEOPH. RAYNAUD, *De incorruptione corporum*, Lugduni, 1665, in: *Opusc. Miscell. philolog.* T. XIII.

† CHR. FR. GARMANN, *De miraculis mortuorum*, Dresdae et Lipsiae, 1709.

§ FR. CAS. MEDICUS, *De incorruptis cadaveribus humanis* in *Hist. et Commentatt. Acad. Electoral. scient. et eleg. lit. Theodoro-Palatinae*. Vol. II, p. 309.

** „Cadaver adhuc incorruptum repertum est, labe nulla, nulla temporis edacitate, aut putredinis carie infectum” (l. c. p. 952).

†† BURDACH, *Untersuchung unverwester Leichname* in: *Anatomische Untersuchungen bezogen auf Naturwissenschaft und Heilkunde*, 1tes Heft, Leipzig, 1814. S. 75.

§§ *Original-anekdoten von* PETER DEM GROSSEN, Leipzig 1785, N°. 58, S. 163.

geslachtsdeelen leidde BURDACH af dat het een lijk van eene kraamvrouw zou geweest zijn. Arsenicum was in de maag niet aan te toonen.

Op sommige begraafplaatsen en in sommige grafkelders blijken de voorwaarden voor het tot stand komen der mumificatie van lijken zeer gunstig te zijn. PUYMARIN FILS * en VICQ-D'AZYR † hebben belangrijke mededeelingen gedaan omtrent de mumiën in de „Caveaux des Cordeliers et des Jacobins" te Toulouse. In 1793 werden op het kerkhof van St. Michel te Bordeaux de lijken opgegraven. Een groot deel daarvan was niet vergaan, maar daarentegen goed bewaard. De gemumificeerde lijken, ten getale van 70, werden naar den „Caveau de St. Michel" overgebracht. CZERMAK § bezocht den kelder in 1853, vond de lijken nog goed bewaard en kwam in het bezit van eene hand met den halven voorarm van een dier mumiën.

Uit zijn onderzoek daaromtrent zij hier het volgende vermeld. Van de huid waren het corium en het onderhuidsche bindweefsel goed bewaard gebleven; van het corpus papillare en de epidermis daarentegen waren slechts zeer onduidelijke sporen overgebleven. De preparaten van pezen, banden, fasciae en aponeurosen konden nauwlijks van versche onderscheiden worden. De dwarse strepen van het spierweefsel waren zeer onduidelijk. De zenuwvezelen waren goed te herkennen. De spierlaag der arteria radialis was het minst goed bewaard gebleven. De bekende structuur van het kraakbeen was nog zeer duidelijk **.

Nog op een aantal andere plaatsen worden of werden natuurlijke mumiën in grooteren of geringeren getale aangetroffen, b.v. bij Bonn, te Bremen, in het hospitium op den St. Bernard, te Parijs, te Duinkerken enz. ††. Het voor-

---

* *Mémoires de l'Académie de Toulouse*, T. III, 1787.

† *Histoire de la Société royale de médecine*. 1779.

§ CZERMAK, *Mikroskopische Untersuchung der Gewebe eines Mumienarms aus dem „Caveau de St. Michel" in Bordeaux* in: *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoölogie von* VON SIEBOLD und KÖLLIKER, 1855, Bd. 6, S. 298.

** De mumien te Bordeaux werden in 1837 onderzocht door BOUCHERIE, BERMONT, GAUBERT en DE PREISSAC FILS. De resultaten van dat onderzoek worden medegedeeld door GANNAL, *Histoire des embaumements*, 2e Edition, Paris, 1841, p. 77.

†† Men raadplege hierover: ISENFLAMM, *Ueber Mumien* in: *Anatomische Untersuchungen*, Erlangen, 1822, S. 301; ORFILA et LESUEUR, *Traité des exhumations juridiques*, Paris, 1831, T. 1, p. 377; JULIUS MAGNUS, *Das Einbalsamiren der Leichen in alter und neuerer Zeit*, Braunschweig, 1839, S.

komen van natuurlijke mumiën is zeer algemeen. Onder alle hemelstreken en onder elk klimaat zijn zij gevonden.

In ons vaderland komen, voor zoover mij bekend is, twee grafkelders voor, waarin natuurlijke mumiën aangetroffen worden; de eerste te Wieuwerd in Friesland, de tweede te Voorburg nabij 's Gravenhage.

Van den grafkelder te Wieuwerd bezitten wij eene uitvoerige beschrijving van Dr. J. LEDDER *, waaraan ik het volgende ontleen.

Wieuwerd, eenmaal de verblijfplaats der volgelingen van JEAN DE LABADIE, is een klein dorp in de gemeente Baarderadeel, nauwlijks twee uren van Sneek verwijderd; het onderscheidt zich vooral door zijne lage ligging en zijn vochtigen bodem. De in de kerk geplaatste grafkelder heeft muren van 1.834 Meter dikte, waarin twee schuins tegenover elkander geplaatste luchtgaten aanwezig zijn. De lengte van den kelder bedraagt 5.3—5.8 Meters, de breedte ruim 3 Meters, de hoogte bijna 2.5 Meters. De geheele kelder is, evenals de luchtgaten, met kalk bestreken. Elf kisten zijn in den kelder aanwezig; in vijf daarvan bevindt zich een lijk; de overige zes bevatten eenige sterk uitgedroogde beenderen of zijn geheel ledig, Deze beenderen zijn afkomstig van vroeger in den kelder uitgedroogde lijken, die later, bij het dringen van water in den kelder en in de kisten vergaan zijn. Onder de vijf lijken bevindt zich slechts één vrouwenlijk. Dit is echter zeer gehavend en mist o. a. het grootste gedeelte der ledematen. De oorzaak daarvan is dat de persoon, destijds met het toezicht op den kelder belast, aan de bezoekers verhaalde (volgens LEDDER geheel ten onrechte) dat dit het lijk was van ANNA MARIA VAN SCHURMAN. Daardoor werd natuurlijk bij sommigen de lust opgewekt om zich een gedeelte van het stoffelijk overschot der beroemde vrouw toe te eigenen. De overige lijken zijn ook meestal eenigszins beschadigd. Het laatste lijk is omstreeks het midden der vorige eeuw in den kelder geplaatst. De lijken vertoonen de eigenschappen vroeger (bl. 3) als die van natuurlijke mumiën opgegeven. In sommige kisten is nog groen gekleurde hop en goed bewaard hooi aanwezig. Uit proeven, door LEDDER

14, GANNAL, l. c., TOUSSAINT, *Die Mumification der Leichen* in CASPER's *Vierteljahrsschrift für gerichtliche und öffentliche Medicin*, 1857, Bd. 11, S. 203.

* Dr. J. LEDDER. *Aanteekeningen omtrent den grafkelder te Wieuwerd en de natuurlijke mummiën, daarin voorhanden*, in: *De Vrije Fries.* Mengelingen, uitgegeven door het Friesch genootschap van geschied-, oudheid- en taalkunde, Leeuwarden, 1853, 6e deel, 3e stuk, bl. 201.

genomen, bleek dat de kelder destijds zijne merkwaardige, uitdrogende eigenschappen nog bezat; hij schreef die vooral toe aan de sterke luchtverversching door de bovenvermelde luchtgaten.

Mijn vroegere leerling, Dr. A. POLLIUS FERWERDA, arts te Heeg, heeft mij onlangs medegedeeld dat de mumiën te Wieuwerd ook thans nog in denzelfden toestand verkeeren.

Ik heb den grafkelder te Voorburg vóór eenigen tijd bezocht en daarbij het volgende gevonden.

De grafkelder bevindt zich in eene kapel aan de kerk te Voorburg. De bodem bestaat voor een aanzienlijk deel uit zand; het kerkhof ligt iets hooger dan de omgeving. Boven den ingang tot den grafkelder, die door een stevig houten luik is afgesloten, is een in hardsteen gehouwen familiewapen, waarop het jaartal 1705 is aangebracht. Langs een trap van zes hooge, gemetselde treden daalt men in den kelder af. De lucht in den kelder is frisch; de wanden en de vloer zijn geheel droog. De vloer is met groote, roode tegels, de wanden zijn met kleinere, witte tegels bemetseld. Het gewelf is met witte kalk bestreken. De hoogte van den kelder bedraagt 2.5—2.7 Meters, de lengte en breedte 3.10 Meters. De muren hebben eene dikte van 0.55 Meter. In het midden der wanden (naast en tegenover den ingang) zijn van boven openingen (20 cm. hoog, 40 cm. breed) aangebracht, welke naar buiten enger worden (25 cm. hoog en 10 cm. breed). Deze openingen zijn naar het Zuid-Oosten, Noord-Oosten en Noord-Westen gericht.

Vijf lijkkisten bevinden zich in den kelder. In een hoek liggen bovendien een aantal losse doodsbeenderen. De kisten rusten op zware, in den muur gemetselde, ijzeren staven en zijn allen met het hoofdeinde naar den ingang gekeerd. Zij zijn van zwaar eikenhout, geheel droog. Het deksel van vier der kisten ligt los; een der kisten is gesloten en kon, tijdens mijn bezoek, zelfs met groote krachtsinspanning niet geopend worden. De opstaande wanden der kisten zijn met zware zijde bekleed, die hier en daar zeer goed bewaard gebleven is.

Vier kisten staan met den bodem ongeveer 20 cm. boven den keldervloer. De eerste, aan de Noord-Westzijde gelegen, bevat eene tweede, veel dunnere kist, waarin zich een volwassen, geheel verdroogd mannenlijk bevindt. Het korte, rosachtige hoofdhaar zit zeer vast in de ingedroogde huid. Het lijk is bijna in zijn geheel bewaard gebleven. Borst- en buikholte zijn gesloten. Het linker spaakbeen ligt geheel bloot. De bekleedselen van het lijk vallen bij aanraking uiteen.

Naast deze kist staat de geslotene, welke korter is dan de anderen en waarvan de bodem niet geheel gaaf is. Daarop volgt een dubbele kist, gelijk aan de eerste. Het zich daarin bevindende lijk, hoogst waarschijnlijk dat van een volwassen man, is veel minder goed bewaard dan het eerste. De huid van het behaarde hoofd en van het grootste gedeelte van het aangezicht is verdwenen. Op hare plaats bevindt zich eene dikke laag van een droog, bruin, zeer licht poeder. Op de onderkaak zit een stuk van de lederachtige huid vast met het daaronder liggende been verbonden. De borstholte is geopend; enkele ribben steken door de droge, broze huid. De buikwand is sterk ingevallen. Van het lijkkleed zijn nog slechts stukken over, die bij aanraking bijna geheel tot poeder worden.

De vierde kist in deze rij, aan de Zuid-Oostzijde, is enkel. Zij bevat weinig meer dan het geraamte eener hoog bejaarde vrouw. De beenderen zijn buitengewoon licht. Van borst- en buikwand zijn nog enkele droge stukken aanwezig. Het lijkkleed is bijna geheel verdwenen.

In de vijfde kist, die ongeveer 95 cm. boven den vloer, eveneens op zware ijzeren staven, boven de eerste kist geplaatst is, bevindt zich een zeer goed bewaard, volwassen vrouwenlijk. De droge huid van het gelaat is geelbruin. De oogleden zijn aanwezig; de top van den neus is ingedroogd. De kleine mond is door de ingedroogde lippen gesloten. De ledematen zijn gaaf, geheel gemumificeerd. Borst- en buikholte zijn gesloten. De buikwand is opgeheven en laat zich vrij gemakkelijk indrukken, doch neemt weldra zijn oorspronkelijken vorm weder aan. Een zwart mutsje bedekt het hoofd. Het lijkkleed, dat in plooien het hoofd en den hals omgeeft, valt bij aaraking uiteen *.

Alvorens van de natuurlijke mumificatie af te stappen vermeld ik nog dat lijken, die niet begraven zijn, onder gunstige omstandigheden in natuurlijke mumiën veranderd worden. Zoo ontstaan de mumiën, die in de zandwoestijnen van Afrika en elders b.v. in Mexico † zijn aangetroffen. De lijken van menschen niet alleen, maar ook die van zeer groote dieren drogen daar geheel uit. De ongelukkige Gordon schreef aan zijne zuster: „De lucht is hier (te Kharroem) zóó droog, dat niets bederft of kwalijk riekt; alles verdroogt tot het hard is. Een doode kameel wordt een trommel gelijk”. In ons klimaat is

* Mijne pogingen om meer bijzonderheden omtrent den kelder en de zich daarin bevindende lijken te vernemen, zijn tot dusver zonder gevolg gebleven.

† Alexander von Humboldt, *Ansichten der Natur*, Tübingen, 1808, S 509.

dergelijke mumificatie van kleine dieren (muizen en kleine vogels b.v.) volstrekt niet zeldzaam.

De wensch om, hetzij uit godsdienstige beginselen, hetzij uit piëteit, hetzij om andere redenen, de lijken van menschen en dieren voor ontbinding te bewaren heeft allerlei middelen doen bedenken om dit doel te bereiken. Bij bijna alle oude volken van Westelijk Azië en Noordelijk Afrika vindt men daarvan de sporen. De kunstmatige mumificatie bereikte evenwel haren hoogsten graad van volkomenheid bij de oude Egyptenaren en bij de Guanches op de Cararische eilanden *. De Egyptische mumiën zijn na duizenden jaren zoo goed als onveranderd gebleven. CZERMAK † onderzocht twee Egyptische mumiën van onbekenden oorsprong. De eene was van eene volwassene vrouw, de andere van een knaap van ongeveer 15 jaren. Het corium en het corpus papillare waren aan de huid overal te zien; de opperhuid ontbrak op enkele plaatsen. Aan de tastvlakte van handen en voeten waren de sierlijke, spiraalsgewijze gewondene uitvoeringsbuizen der zweetklieren en overblijfselen van het rete Malpighii volkomen duidelijk. Nagels, haren, banden, pezen en aponeurosen waren zeer goed bewaard. In het kraakbeen waren vele détails goed te zien, vooral in de ribbenkraakbeenderen en in de ringen der luchtpijp bij de vrouwelijke mumie. Bij den knaap vond CZERMAK aan de beenuiteinden eene laag ossificeerend kraakbeen. In den sphincter palpebrarum der vrouwelijke mumie werden de dwarse strepen duidelijk gezien. Bij dezelfde leverde de aorta, die van het hart tot in de buikholte te vervolgen was, preparaten, welke geheel het voorkomen hadden van versch gedroogde deelen dezer slagader. Sporen van atheroom werden in de aorta opgemerkt. Aan den in water opgeweekten rechter arm der kleine mumie waren, behalve de fasciën, pezen en banden, de nervus medianus en de nervus uluaris goed te onderscheiden en bij mikroskopisch onderzoek bleken de zenuwen goed bewaard te zijn.

Men ziet uit deze korte mededeeling der resultaten van het onderzoek van

---

* Zie: PETTIGREW, *A history of Egyptian Mummies, and an account of the worship and embalming of the sacred animals bij the Egyptians; with remarks on the funeral ceremonies of different nations, and observations on the Mummies of the Canary Islands, of the ancient Peruvians, Burman priests, etc.*, London, 1834.

† CZERMAK, *Beschreibung und mikroskopische Untersuchung zweier ägyptischer Mumien* in: *Sitzungsberichte der mathematisch–naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, Wien, 1852, Bd. 9, S. 427.

CZERMAK dat de door hem onderzochte Egyptische mumiën, zelfs in de ontleedkundige détails, de mumiën uit den „Caveau de St. Michel" te Bordeaux overtroffen (bl. 5).

De oudste berichten omtrent de wijze, waarop de oude Egyptenaren bij de toebereiding der lijken te werk gingen, zijn van HERODOTUS * en DIODORUS SICULUS †. Hunnne mededeelingen zijn echter noch volledig, noch geheel nauwkeurig. Latere nasporingen en het onderzoek van een aantal mumiën hebben omtrent deze zaak veel meer licht verspreid, maar eene volledige kennis van de verschillende wijzen van balsemen bij de Egyptenaren ontbreekt tot op heden. In den regel werden de ingewanden en ook de hersenen (veelal door den neus) verwijderd; vervolgens werden aromatische en harsachtige, bederfwerende stoffen gebruikt en ten slotte werd het geheele lijk in eene zoutoplossing gebracht. Doch het staat vast dat, in den loop der tijden, de methoden van balsemen niet onbelangrijk gewijzigd werden en dat zelfs op hetzelfde tijdstip niet altijd dezelfde methode gevolgd werd §.

Terwijl bij de oude Epyptenaren en andere volken het balsemen der lijken als volksgebruik zeer algemeen was werd het bij meer beschaafde volken slechts bij uitzondering verricht. Het meest werden de lijken van vorsten en andere voorname personen, die soms over een grooten afstand vervoerd moesten worden, langs dezen weg op min of meer doeltreffende wijze voor ontbinding bewaard **.

Allerlei zelfstandigheden, vooral aromatische stoffen, specerijen en harsen werden daarvoor gebezigd, vaak met zeer gering gevolg ††. Ook enkele ont-

---

* II. 86—89.

† I. 91.

§ Men zie hierover: PETTIGREW, MAGNUS, GANNAL, CZERMAK e. a.

** Bij eene verbouwing in 1879 van de voormalige hofkapel op het Binnenhof te 's Gravenhage werd o. a. een gebalsemd lijk gevonden van een jongen man, een krijgsman of ridder, na harden strijd in zijne volle wapenrusting gesneuveld. Het lijk was verwonderlijk goed bewaard en nagenoeg in denzelfden toestand als toen het in het jaar 1770 onderzocht werd. Het was niet met zekerheid uit te maken van wien dit lijk afkomstig is, maar men kan aannemen, dat het minstens 400 jaren in het graf gelegen heeft. (Zie: D. VEEGENS, *Verslag* (aan Z. E den Minister van Waterstaat, Handel en Nijverheid, dd. 19 Juni 1879) *omtrent het onderzoek naar het aanwezig zijn van grafsteden of andere historische merkwaardigheden in de voormalige hofkapel op het 's Gravenhaagsche binnenhof*).

†† Over de verschillende wijzen van balsemen in vroegeren en lateren tijd raadplege men: PENICHER, *Traité des embaumemens selon les anciens et les modernes.* Paris, 1699; GREENHILL, *The art of embalming*, London, 1705, verder PETTIGREW, MAGNUS, GANNAL, ook RICHARDSON, *On the science and art of embalming the dead* in: *The Medical Times and Gazette*, London, 1871, Vol. 2, p. 701, 761 en 1875, Vol. 1, p. 1, 55, 111, 361.

leedkundigen hebben zich op het balsemen van lijken toegelegd en daardoor zekeren naam verworven. Voor een deel hadden hunne bemoeiingen hiermede ook een wetenschappelijk doel, namelijk het bewaren van ontleedkundige preparaten. In ons vaderland hebben PIETER VAN FOREEST, LOUÏS DE BILS en FREDERIK RUYSCH zich met het balsemen van lijken bezig gehouden; DE BILS vatte zelfs het plan op om voor dit doel te Rotterdam eene vennootschap op te richten met een kapitaal van £ 20.000, te plaatsen in aandeelen van 20 Caroli guldens en meer *.

In de laatste helft der 18de eeuw paste W. HUNTER de door SWAMMERDAM en RUYSCH in de ontleedkunde ingevoerde methode van het opspuiten der bloedvaten ook bij het balsemen van lijken toe. Aromatische en harsachtige stoffen waren hierbij de hoofdbestanddeelen. Later werden sublimaat (CHAUSSIER) †, houtazijn (MONGE), tinchloride (TAUFLIEB), zinkchloride (SUCQUET, RICHARDSON) en aluminiumzouten (GANNAL) § als injectie-stoffen gebezigd.

RITTER ** deed het eerst het voorstel om eene oplossing van arsenicum in gedestilleerd water en alkohol in de vaten te voeren en daarna allerlei aromatische stoffen in de lichaamsholten te brengen. Die methode kwam evenwel niet in gebruik, doch in 1835 maakte GIUSEPPE TRANCHINA †† zijne vroeger geheim gehoudene wijze van balsemen bekend, welke uitsluitend op de werking van het arsenicum berust. Twee pond fijn gewreven arsenigzuur uit den handel, voor de kleur vermengd met een dertigste deel cinnaber of menie en in water of alkohol (24 pond) opgelost zijn voor het bewaren van een lijk voldoende. Uit de door MARC medegedeelde proeven bleek dat het gebruik van alkohol de voorkeur verdiende, dat de lijken geheel onkenbaar werden

---

* Men zie over dezen zonderlingen ontleedkundigen avonturier: A. A. FOKKER, LOUIS DE BILS *en zijn tijd*, in: *Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde*, 2e Reeks, 1e Jaargang, 2e Afd. 1865, bl. 167.

† Bij het balsemen van het lijk van LODEWIJK XVIII werd o. a. sublimaat gebezigd (*Répertoire génér. d'Anat. et de Phys. pathol.* Paris, 1829, Vol. 8, p. 36; GANNAL, l. c. p. 222).

§ De oplossingen van GANNAL bevatten ook arsenicum.

** *Allgem. Encyclopäd.* v. ERSCH und GRUBER, Thl. 7, S. 275.

†† GIUSEPPE TRANCHINA, *Bericht über die am* 15ten *März* 1835 *im Hauptmilitairhospital della Trinita zu Neapel stattgehabte öffentliche Ausstellung derjenigen Leichname, welche nach dem von ihm entdeckten Verfahren einbalsamirt worden waren* u. s. w. Aus dem Italienischen von H. A. v. GERSDORF, Weimar, 1837. Men zie verder over de methode van TRANCHINA: HÜNEFELD, *Bemerkungen in Bezug auf* TRANCHINA'S und GANNAL'S *Mittel die Leichen von Fäulniss zu sichern*, in ERDMANN'S *Journal für praktische Chemie*, Leipzig, 1839, Bd. 16, S. 155; en MARC, *Ueber Einbalsamirung von Leichnamen* in: HENKE'S *Zeitschrift für Staatsarzneikunde*, 1838, Bd. 36, S. 404

*

en dat de ontwikkeling van arsenikwaterstof bij het balsemen groote bezwaren opleverde.

Een aantal stoffen dus van zeer verschillenden aard zijn met meer of minder goed gevolg aangewend om de ontbinding van het lijk tegen te gaan en het langs kunstmatigen weg in den toestand van mumificatie te brengen.

Men heeft evenzeer aan eenige bij het leven toegediende vergiften het vermogen toegekend om de ontbinding te vertragen of te verhinderen. Als zoodanig worden genoemd: alkohol, sublimaat, zwavelzuur, worstgift (LIEBIG, SCHÜRMAYER) en vooral arsenicum. Dit laatste zou in vele gevallen de mumificatie van de lijken der met arsenicum vergiftigden ten gevolge hebben.

Zoo als ik reeds in den aanvang mededeelde zal ik trachten een antwoord te geven op de vraag of men recht heeft een dergelijken invloed aan het arsenicum toe te schrijven.

Daartoe zal ik eerst de geschiedenis van het vraagstuk der arsenicum-mumificatie behandelen, vervolgens door de mededeeling van waarnemingen van anderen en van mij zelven de noodige gegevens bijeen brengen tot beantwoording der gestelde vraag om ten slotte het besluit toe te lichten, waartoe ik gekomen ben.

I. HISTORISCH OVERZICHT.

Men vindt bij de ouden slechts zeer spaarzame mededeelingen omtrent den invloed, dien door vergiften in het algemeen op den toestand der lijken zou uitgeoefend worden. Volgens SENECA * is het vergiftigde lijk voor ontbinding gevrijwaard („in venenatis corporibus vermis non nascitur”). PLINIUS † verhaalt dat de lijken van vergiftigden door roofvogels noch roofdieren aangeraakt worden („veneno defunctos non volucris, non fera attingit”) en dat het hart van hen, die vergiftigd zijn, niet verbrand kan worden („negatur cor cremari posse veneno interemptis”) §.

---

* *Quaestiones naturales,* II, 31.

† *Historia naturalis,* II, 156.

§ Ibidem, IX, 187.

Bij PAULUS ZACCHIAS *, den vader der gerechtelijke geneeskunde, hebben de denkbeelden omtrent den bedoelden invloed reeds een meer bepaalden vorm aangenomen. De snelle ontbinding van het lijk bewijst dat de dood het gevolg geweest is van een inwendig vergift; de lijken van hen daarentegen, die door een uitwendig vergift gedood zijn, gaan zeer moeielijk in ontbinding over („facilis ac cita cadaveris putrefactio commonstrat venenum, ex quo mors est secuta, internum fuisse, non externum; nam corpora quae peste aut pestilenti febre, aut aliis quibusque morbis ab interno veneno evenientibus extinguuntur, facile ac citissime corruptionem experiuntur . . . . contra vero corpora extrinseco veneno sublata difficillime corrumpuntur").

Betreffende den invloed meer in het bijzonder van het arsenicum op het verloop der ontbinding vinden wij in de vorige eeuw een aantal uitspraken, voor een deel op eigen ervaring gegrond, voor een ander deel zonder eigene waarneming ten grondslag. Het is opmerkelijk dat bijna allen hierin overeenkomen dat het in het lichaam teruggebleven arsenicum de ontbinding van het lijk verhaast. Ik acht een paar aanhalingen hier voldoende. Zoo zegt PLENCK †: „Mortem epidermidis secessus et totius corporis putredo subito sequuntur", en GMELIN §; „Vides cadavera hoc veneno intus sumto peremptorum multo citius in putredinem naribus molestissimam resoluta, maculis lividis per omnem superficiem quasi comita, oculos livore circumfusos, ungues liventes et non raro prima jam mortis die una cum capillis deciduos, partes nonnullas et praesertim genitales viridi, luteo, nigro colore foedatas et tumidas, membrana quaedam sponte, aut levissima accedente vi secedentia".

In deze nagenoeg volkomene overeenstemming van gevoelen omtrent dit punt heeft plotseling een belangrijke ommekeer plaats gegrepen en wel door de volgende gebeurtenis.

Op den 5den Maart 1803 werd Mevrouw URSINUS te Berlijn in hechtenis genomen onder verdenking van haren huisknecht BENJAMIN KLEIN met arsenicum vergiftigd te hebben **. Weldra ontstond het vermoeden dat zij haren

---

* P. ZACCHIAS, *Quaestiones medico-legales*, Francofurti, 1666, T. I, p. 179.

† J. J. PLENCK, *Toxicologia seu doctrina de venenis et antidotis*, Viennae, 1785, p. 273.

§ Jo. FR. GMELIN, *Apparatus medicaminum ex regno minerali*, Göttingae, 1795, Vol. I, p. 253.

** *Urtheil erster Instanz in der Untersuchungssache wider die verwitwete Geheime Räthin Ursinus geb. von Weisz, nebst der Geschichtserzählung und den Gründen.* Publizirt, Berlin den 12ten Sep-

echtgenoot, hare ongehuwde tante WITTEN en haren minnaar, een Hollandschen officier, met name RAGAY, door hetzelfde vergift om het leven gebracht zou hebben. Ten opzichte van RAGAY hield men de verdenking spoedig voor ongegrond; de geneesheeren, die hem behandeld hadden, verklaarden dat hij aan longtering bezweken was. Zijn lijk werd dan ook niet onderzocht. De lijken van den echtgenoot en van de tante werden opgegraven. Het gerechtelijk-geneeskundig onderzoek werd opgedragen aan WELPER, „Physicus und Geheimer Ober-Medicinal-Rath" en aan den „Stadtchirurgus".

Bij het onderzoek bleek dat beide lijken (het eerste was te Berlijn, het andere te Charlottenburg begraven) niet op de gewone wijze in ontbinding overgegaan, maar goed bewaard gebleven waren en het voorkomen van mumiën hadden (Hoofdst. II, Waarn. 1 en 2). In geen der lijken werd bij scheikundig onderzoek arsenicum aangetoond. De deskundigen namen evenwel aan, vooral op grond van de resultaten van het ontleedkundig onderzoek, dat hoogstwaarschijnlijk arsenicum-vergiftiging had plaats gehad. Mevrouw URSINUS werd vrijgesproken van de beschuldiging haren minnaar en haren echtgenoot vergiftigd te hebben, doch wegens vergiftiging harer tante en herhaalde pogingen tot vergiftiging van haren huisknecht tot levenslang vestingarrest veroordeeld.

De bevindingen van WELPER hebben in hooge mate de aandacht getrokken. Ik acht het waarschijnlijk dat zijne hooge, maatschappelijke positie en zijn persoonlijke invloed daarbij niet zonder uitwerking gebleven zijn. Ook het aanzien der familie, bij deze treurige zaak betrokken, mag hier niet buiten rekening blijven. Nog in hetzelfde jaar 1803 riep HUFELAND * in een artikel, waarin hij van WELPER's nieuwe ontdekking melding maakte, de vakgenooten op om hunne ervaring hieromtrent te willen bekend maken. Weldra echter deed ook de twijfel aan de juistheid van WELPER's meening zich hooren. METZGER † spaarde in zijne kritiek noch de verslagen en gevolgtrekkingen der deskundigen, noch het gevelde vonnis. Maag en darmen waren in beide lijken

---

tember 1802; *Der neue Pitaval.* Eine Sammlung der interessantesten Criminalgeschichten aller Länder aus älterer und neuerer Zeit. Herausgegeben vom Criminaldirector Dr. J. C. HITZIG und Dr. W. HÄRING (W. ALEVIS), 2ter Theil, Leipzig 1842, S. 161 u. f.; C. W. L. SCHAPER, *Beiträge zu der Lehre von der Arsenik-Vergifting, gesammelt am Krankenbett und in dem Gesichtshof*, Berlin, 1846, S. 1, u. f.

* *Unverwesslichkeit der Leichname nach Arsenikvergiftung* in: HUFELAND's *Journal der practischen Heilkunde*, 1803, Bd. 16, S. 180.

† *Ueber Arsenikvergiftung und ihre Folgen* in: METZGER's *gerichtlich-medizinische Abhandlungen*, 1804, 2ter Theil, S. 1.

niet meer van elkander te onderscheiden en toch hadden de deskundigen gemeend daarin duidelijke teekenen van ontsteking te vinden. Arsenicum werd in geen der lijken aangetoond en toch achtte men arsenicum-vergiftiging in beide gevallen waarschijnlijk. En het vonnis verwierp de meening der deskundigen in het eerste geval (van den echtgenoot) en nam die in het tweede geval (van de tante) over. Men zoude, meende METZGER, de oorzaak van de verdroging der lijken wellicht in den bodem kunnen zoeken, doch het eene lijk was te Berlijn, het andere te Charlottenburg begraven. METZGER noodigde WELPER uit om nadere inlichtingen over deze beide gevallen te geven. Daartoe is het echter nimmer gekomen. De meening van vele latere schrijvers, die vermelden dat WELPER zelf over dit onderwerp iets medegedeeld heeft, is onjuist.

Inmiddels werden door KELCH * naar aanleiding van WELPER'S waarnemingen en in verbinding met METZGER proeven genomen over de bederfwerende eigenschappen van arsenicum. Spieren en darmen van een gehangene werden met eene tamelijk sterke oplossing van arsenigzuur in water besprenkeld; andere deelen derzelfde organen werden, zonder toevoeging van arsenigzuur, op dezelfde wijze bewaard. De eersten bleven onveranderd, de anderen gingen in ontbinding over. De ingewanden van een door arsenicum vergiftigden mensch werden gedurende vijf maanden onder de aarde bewaard. Zij verbreidden een zeer walgelijken stank, die evenwel niet met dien van rottende ingewanden te vergelijken was. Aan het einde zijner mededeelingen komt KELCH tot het besluit dat zijne proeven de bederfwerende kracht van het arsenicum wel niet boven allen twijfel stellen, maar dien toch waarschijnlijker maken dan men tot dusver vermoed had.

Een geheel ander resultaat hadden de proeven van JAEGER †. Hij bediende zich van oplossingen in water zoowel van arsenigzuur als van arsenikzuur en beperkte zijn onderzoek niet tot hoogere en lagere dieren, maar strekte dit ook over planten uit. Arsenicum werkt volgens hem nadeelig op het leven van alle organische lichamen. Voor ons onderwerp is JAEGER'S uitspraak dat de ontbinding van met arsenicum vergiftigde lijken daardoor noch verhaast, noch

---

* KELCH, *Beschreibung und Resultate einiger mit Arsenik angestellter Versuche und Beobachtungen über seine Kraft die Fäulniss zu verhindern* in: HUFELAND'S *Jovrnal der practischen Arzneykunde und Wandarzneykunst,* 1804, Bd. 19, 4tes Stück, S. 110 en 1805, Bd. 22, 1tes Stück. S. 166.

† G. F. JAEGER, *Dissertatio inauguralis de effectibus arsenici in varios organismos nec non de indiciis quibusdam veneficii ab arsenico illati,* Tubingae, 1808, in uittreksel vertaald door Dr. SIGWART in GEHLER'S *Journal für die Chemie und Physik.*, 1808, Bd. 6, S. 271 en gerefereerd in KOPP'S *Jahrbuch der Staatsarzneikunde,* 1809, 2ter Jahrgang, S. 540 en 581.

vertraagd wordt, de belangrijkste. Volgens hem hangt de meerdere of mindere snelheid der ontbinding van andere omstandigheden af, van warmte, vochtigheid enz.; dit geldt zoowel voor begravene als voor niet begravene lijken.

De hierboven vermelde kritiek van METZGER bleef niet zonder tegenspraak. AUGUSTIN * deelde mede dat WELPER reeds vóór het onderzoek der lijken in de zaak van Mevrouw URSINUS de overtuiging had dat de lijken na arsenicum-vergiftiging niet in ontbinding overgaan. Zijne aandacht was hierop het eerst gevestigd door een geval, waarin het lijk van een met arsenicum vergiftigde vrouw in den zomer, eene week na den dood in bed liggende, nog versch, zonder stank en ontbinding gevonden werd. Naar aanleiding daarvan onderzocht WELPER zeer nauwkeurig de in Berlijn niet zeldzaam voorkomende gevallen van arsenicum-vergiftiging en vond steeds de vergiftigde lijken zeer versch en zonder ontbinding. Nadere bijzonderheden worden hierbij echter niet vermeld. AUGUSTIN trachtte verder door de mededeeling van waarnemingen van oudere schrijvers (AMMANN †, ZITTMANN §, ALBERTI **, PARMENIO ††) de juistheid van WELPER'S opvatting te staven. Deze waarnemingen zijn echter zóó gebrekkig medegedeeld en zóó onvolledig, dat de vereischte bewijskracht daaraan niet kan worden toegekend. Aan METZGER wordt onder het oog gebracht dat hij zelf een geval beschreven heeft §§, waarin het met arsenicum vergiftigde lijk na 16 dagen nog geen spoor van ontbinding vertoonde. Doch AUGUSTIN heeft daarbij over het hoofd gezien dat het lijk bevroren was en vóór het onderzoek in eene warme kamer ontdooid moest worden. Hij beroept zich verder op proeven door KLANCK *** op aanraden van WELPER genomen. KLANCK ver-

---

* *Entdeckungen betreffend die Kennzeichen der Arsenikvergiftigung und Berichtigung älterer Angaben über diesen Gegenstand*, in: AUGUSTIN'S *Repertorium für die öffentliche und gerichtliche Arzneiwissenschaft*, Berlin, 1810, 1tes Stück, S. 1 en *Neue Beobachtungen über die aus dem Leichenbefunde zu entnehmenden Kennzeichen der Sublimat-, Opiums- und Schierlingsvergiftung*, Ibidem 1812, 2tes Stück, S. 1.

† AMMANN, *Medicina Critica*, Erffurti, 1670.

§ ZITTMANN, *Medicina forensis*, Francofurti a/M. 1706.

** ALBERTI, *Systema jurisprudentiae medicae*, Vol. I, Halae, 1736.

†† PARMENIO, *Sammlung verschiedener Casuum medico-chirurgico-forensium*, Ulm. 1742.

§§ METZGER, *Leichenöffnung eines mit Arsenik vergifteten Menschen*, in: PYL'S *Aufsätze und Beobachtungen aus der gerichtlichen Arzeyeiwissenschaft*, 5te Sammlung, Berlin, 1787, S, 96.

*** KOPP'S *Jahrbuch der Staatsarzneikunde*, 1811, 4ter Jahrgang, S. 356.

giftigde honden met zeer groote giften (tot 6 drachmen) rattenkruid. De lijken verspreidden, zelfs nadat zij lang in een zeer vochtigen grond gelegen hadden, geen stank. In de open lucht waren zij verdroogd en na verscheidene jaren zonder belangrijke veranderingen. De lijken van honden, die door sublimaat of opium vergiftigd of door een slag gedood waren, geraakten spoedig in ontbinding.

De leer der arsenicum-mumificatie, door de vrij grove proeven van KLANCK wel niet weersproken, maar evenmin voldoende bevestigd, kreeg een belangrijken steun door de waarnemingen van BACHMANN *, die drie lijken onderzocht van slachtoffers van ANNA MARGARETHA STEINACKER, weduwe ZWANZIGER † (Hoofdstuk II, Waarn. **4**, **5**, **6**). Aan al deze lijken werden sporen van mumificatie, evenwel in zeer verschillenden graad, aangetroffen. Het is echter duidelijk dat BACHMANN geheel door de opvatting van WELPER beheerscht werd. Het lijk van GROMANN, (waarn. **4**) dat na $5^1/_2$ maanden opgegraven werd, verkeerde over het geheel in een toestand van zeer ver gevorderde ontbinding; de huid van den buikwand alleen was bruin en gemumificeerd. Toch werd dit als de gewichtigste grond voor de waarschijnlijkheid eener vergiftiging met arsenicum, dat bij het scheikundig onderzoek niet gevonden werd, beschouwd. Voor eene bewijsvoering in eene tegenovergestelde richting zou dit geval althans van meer kracht geweest zijn. Vele der latere waarnemers en schrijvers, voorstanders van het gevoelen van WELPER, hebben niet nagelaten zich ook op de ervaring van BACHMANN te beroepen.

Het ontbrak echter weldra ook niet aan feiten, die de volledige geldigheid van dit gevoelen deden betwijfelen. HEBRÉARD § leidde uit zijne waarnemingen af dat de ontbinding in verschillende organen niet zóó snel vordert als men meende, dat de ontbinding van een lijk door verschillende omstandigheden min of meer kan opgehouden worden en dat verder in vele gevallen van vergiftiging met arsenicum de ontbinding niet merkbaar vertraagd werd. Ook WENDT **

---

* BACHMANN, *Drei Fälle von Arsenik-Vergiftung als Beiträge zur gerichtlich-medizinischen Lehre von ihrer Ausmittelung, und zur Karakteristik ihrer Wirkungen*, in: *Neue Denkschriften der Physikalisch-Medicinischen Societät zu Erlangen*, Nürnberg, 1812, Bd. 1, S. 73.

† Over deze doortrapte bedriegster handelen o. a.: *Der neue Pitaval*, 2ter Theil, S. 218, en FEUERBACH, *Aktenmässige Darstellung merkwürdiger Verbrechen*, Giessen, 1828, Bd. 1, S. 1.

§ *Mémoires de la Société de médecine de Paris*, 1817.

** WENDT, *Ueber Vergiftungen*, 1818, § 20.

deelde mede dat de meening omtrent den bedoelden invloed van het arsenicum in verscheidene, nieuwere gevallen van vergiftiging niet bevestigd werd.

Van veel gewicht is de uitspraak van een man, wiens ervaring op dit gebied die van velen, wellicht van allen overtrof. ORFILA verwerpt den invloed van het arsenicum op het verloop der ontbinding van het daarmede vergiftigde lijk geheel en al. Hij zegt *: „enfin que la putréfaction des cadavres d'individus qui ont succombé à l'empoisonnement par l'acide arsénieux n'est point retardée, comme on l'a avancé, à moins que des circonstances étrangères à l'empoisonnement ne s'opposent au développement des phénomènes qui la caractérisent". Later deelde ORFILA † nog proeven mede, die genomen waren om den invloed te leeren kennen, die o. a. door arsenigzuur op de verrotting van dierlijke stoffen uitgeoefend wordt. Bij die proeven werden oplossingen van arsenigzuur in water van verschillende sterkte en arsenigzuur als poeder gebezigd. Het resultaat was dat de ontbinding alleen door vrij groote hoeveelheden van arsenigzuur tegengehouden werd en dat geringe hoeveelheden dier stof zonder uitwerking bleven.

Het wetenschappelijk gezag van ORFILA is ongetwijfeld de reden, waarom het leerstuk der arsenicum-mumificatie in Frankrijk veel minder aanhang gevonden heeft dan in Duitschland en ook in Engeland en aldaar vaak met stilzwijgen voorbijgegaan wordt.

Van niet minder invloed zijn de mededeelingen van HÜNEFELD § geweest. Voor een deel werden zijne proeven in hoofdzaak op dezelfde wijze genomen als de zoo even vermelde van ORFILA. Menschelijke ingewanden werden met rattenkruid bestrooid en in oplossingen van arsenigzuur in water (1 op 170) geplaatst. De eersten werden in de open lucht, in vochtige en droge aarde bewaard. Verder werden muizen en konijnen met betrekkelijk zeer groote hoe-

---

* ORFILA, *Leçons de médecine légale*, 2e Edition, Paris, 1826, T. 2, p. 119.

† ORFILA et LESUEUR, *Traité des exhumations juridiques*, Paris, 1831, T. 2, p. 285.

§ HÜNEFELD, *De vera chemiae notione ejusque in medicina usu, additis de vi arsenici in corpora organica experimentis*. Diss. inaug. chem. med. Vratislaviae. Ik heb dit geschrift niet kunnen raadplegen. Een vrij uitvoerig referaat daarvan komt voor in: FECHNER's *Repertorium der organischen Chemie*, Leipzig, 1828, Bd. 2, 1ste Abth., S. 486. HÜNEFELD's mededeelingen over dit onderwerp in: *Archiv für med. Erfahrung*, Berlin, 1828, zijn mij ook niet onder de oogen gekomen.

veelheden rattenkruid vergiftigd. De lijken der muizen werden in de lucht bewaard, die der konijnen werden begraven. De resultaten van HÜNEFELD zijn in het kort aldus samen te vatten: „De bederfwerende kracht der arsenicum-preparaten, met name van het arsenigzuur, is boven allen twijfel verheven. Niet alleen worden de organen, welke na den dood daarmede behandeld worden, daardoor voor bederf bewaard, maar ook de lijken van dieren en menschen, die met arsenicum vergiftigd zijn, bieden weerstand aan de ontbinding, onder voorwaarde dat de in het lichaam gevondene hoeveelheid arsenicum niet te gering zij. De bederfwerende werking der arsenicum-preperaten schijnt vooral op uitdroging te berusten. Aanvankelijk echter wordt de ontbinding eerder bevorderd dan vertraagd; de uitdroging is het gevolg der ontwikkeling van arsenik-waterstof, waardoor de lijken steeds een knoflookreuk hebben en waardoor ook verklaard wordt dat het arsenicum na langen tijd vaak niet in de lijken teruggevonden wordt."

Tot geheel tegenovergestelde resultaten kwam SEEMANN *. Hij diende aan twee honden rattenkruid in pillenvorm toe. De lijken vertoonden vóór het begraven niets afwijkends. Bij een derden hond, die het toegediende arsenicum grootendeels uitbraakte, werd een geheel ons rattenkruid in de maag gebracht en daarna de slokdarm toegebonden om het braken te verhinderen. Het dier stierf na 18 uren onder de gewone verschijnselen. Het lijk vertoonde, vóór dat het begraven werd, evenmin iets bijzonders. Na 5 maanden werden de lijken opgegraven. Men vond ze in ontbinding alsof er geen arsenicum toegediend ware. Aan eene versnelling der ontbinding in den beginne viel dus niet te denken, eerder aan eene vertraging.

In eene wederlegging van de meening van HÜNEFELD maakt JAEGER † met ingenomenheid gewag van de resultaten van SEEMANN, die met de vroeger door hem zelven verkregene overeenkwamen. Hij bestrijdt daarin tevens de bewering van HÜNEFELD alsof hij (JAEGER) van oordeel zou zijn dat met arsenicum vergiftigde lijken zeer snel in ontbinding zouden overgaan en dat daarom de ontbinding voor een zeker teeken van arsenicum-vergiftiging zou moeten gelden.

De reeks der proefnemingen over dit onderwerp is, meen ik, hiermede gesloten.

---

* SEEMANN, *Nonnulla de Arsenici effectu in organismum animalem per experimenta in canibus instituta illustrata, praecipue de mutationibus in cadavere arsenico venenatorum*, Diss. inaug. Berolini, 1829.

† JAEGER. *Einige Bemerkungen über die fäulnisswidrige Wirkung des Arseniks in medicinisch-gerichtlicher Beziehung* in: HENKE's *Zeitschrift für die Staatsarzneikunde*, 1830, Bd. 20, S. 63.

Zij hebben tot de oplossing van het vraagstuk zeer weinig bijgedragen, maar verdienen toch uit een gerechtelijk-geneeskundig oogpunt ten zeerste de aandacht wegens den grooten invloed, dien de meeningen, vooral van HÜNEFELD, gedurende langen tijd uitgeoefend hebben. Voor een deel waren deze proeven geheel overbodig. Het feit toch, dat dierlijke organen door arsenicum voor bederf bewaard kunnen worden, was voldoende bekend. Voor zoover men beoogde het al of niet bestaan eener arsenicum-mumificatie aan te toonen heeft men bij het nemen der proeven veel te weinig, dikwijls in het geheel niet, gelet op de andere omstandigheden, die in het algemeen de ontbinding van lijken vertragen of versnellen. In het laatste gedeelte dezer Verhandeling zal ik het voornaamste daaromtrent mededeelen.

Omstreeks den tijd, waartoe ik thans in het historisch overzicht genaderd ben, had eene gebeurtenis plaats, die in de geschiedenis der arsenicum-vergiftigingen eene zeer voorname plaats inneemt, namelijk de terechtstelling van GESCHE MARGARETHE GOTTFRIED, geb. TIMM, die op den 20sten April 1831 onthoofd werd *. Deze vrouw, te Bremen woonachtig, vergiftigde van September 1813 tot Juli 1827 niet minder dan 32 personen met arsenicum. Vijftien daarvan bezweken, waarvan één buiten haar toedoen. Acht behoorden tot hare naaste betrekkingen (2 echtgenooten, moeder, vader, 3 eigen kinderen, broeder). Op den 6den Maart 1828 werd zij in hechtenis genomen.

Ondanks veel moeite is het mij niet mogen gelukken de zoo gewenschte mededeelingen omtrent den toestand van de lijken der talrijke slachtoffers van deze vrouw te vinden. Twee lijken werden kort na den dood onderzocht. Het onderzoek van het lijk van een harer kinderen geschiedde op haar eigen verzoek; men vermoedde en vond eene „Darmverschlingung” en daarna werd het lijk niet verder onderzocht. Het tweede lijk was dat van zekeren KLEINE te Hannover, bij wien de vergiftigster logeerde en wiens gastvrijheid zij beloonde door hem met arsenicum te dooden. De behandelende geneesheer meende dat KLEINE aan cholera bezweken was. Het lijk werd op uitdrukkelijk verlangen der kin-

---

* De geschiedenis van Vrouw VAN DER LINDEN biedt vele punten van overeenkomst aan met die van deze beruchte misdadigster. Men zie over haar: VOGET, *Lebensgeschichte der Giftmörderin* GESCHE MARGARETHE GOTTFRIED, geborne TIMM, 2 Theile, Bremen, 1831. STACHOW, *Beiträge zur Beurtheilung der bei der Sache der Giftmörderin* GESCHE MARHARETHE GOTTFRIED *betheiligten Bremischen Aerzte* in: HENKE'S *Zeitschrift für die Staatsarzneikunde*, 1833, Bd. 22, S. 110. *Der neue Pitaval*, 2ter Theil, S. 256.

deren geopend. Het was warm weder en de ontbinding was reeds ver gevorderd. VOGET * voert in zijne verdediging der beschuldigde aan dat het onderzoek van de lijken van BETA SCHMIDT en haar kind (twee der slachtoffers) gebrekkig heeft plaats gehad; alleen de buikholte was geopend. Verder vermelden MENDE † en GRAFF § dat het onderzoek der te Bremen opgegravene lijken de bederfwerende eigenschappen van het arsenicum niet schijnt bevestigd te hebben.

Het is te betreuren dat de mededeelingen omtrent dit belangrijk gedeelte dezer beruchte vergiftigingsgeschiedenis zoo schaarsch zijn. Een nauwkeurig onderzoek van een betrekkelijk groot aantal lijken, die gedurende verschillenden tijd onder de aarde geweest waren, zou omtrent het vraagstuk der arsenicum-mumificatie veel licht hebben kunnen verspreiden.

Na het tot dusver behandelde tijdperk blijft de meening dat het met arsenicum vergiftigde lijk in zijne ontbinding vertraging ondervindt en ten slotte mumificeert, zij het dan ook niet in alle gevallen, hare meer of minder warme verdedigers vinden tot op onze dagen. Wel doet zich van tijd tot tijd de twijfel hooren, maar meestal heeft het geloof, wel is waar soms wankelend, de overhand. Bij enkelen is de overtuiging zóó sterk gevestigd dat men de ontbinding over het hoofd ziet om de aan het arsenicum toegeschrevene werking te kunnen staven. „Das hiesse mit anderen Worten", zegt GRAFF **, „die fäulnisswidrige Kraft des Arseniks durch die vorhandene Fäulniss beweisen zu wollen."

De beteekenis der arsenicum-mumificatie werd slechts door weinigen ontkend, het eerst na ORFILA door GRAFF †† naar aanleiding van een geval van arsenicum-vergiftiging, waarbij, vijftien jaren na den dood, niets anders gevonden werd dan een tamelijk gaaf geraamte (Hoofdst. II, Waarn. **11**). GRAFF kwam tot de volgende besluiten: 1°. lijken, waarin langs scheikundigen weg arsenicum

---

* l. c. Th. 2. S. 28.

† MENDE, *Ausführliches Handbuch der gerichtlichen Medizin für Gesetzgeber, Rechtsgelehrte, Aerzte und Wundärzte*, Th. 5. S. 243.

§ HENKE'S *Zeitschrift für die Staatsarzneikunde*, 1837, Bd. 33. S. 68.

** HENKE'S *Zeitschrift für die Staatsarzneikunde*, 1837, Bd. 33. S. 70.

†† GRAFF, *Eine Vergiftungsgeschichte sammt einer kurzen Darstellung der, bei Begutachtung derselben durch das Grossherzogl. Medic. Coll. zu D. zwischen dem Referenten und den sechs übrigen Mitgliedern entstandenen divergirenden Ansicht* in: HENKE'S *Zeitschrift für die Staatsarzneikunde*, 1831, Bd. 22, S. 237.

aangetoond is, vindt men na maanden en jaren in gemumificeerden toestand; 2°. lijken, waarin arsenicum aangetoond wordt, worden na vele maanden in volkomen ontbinding aangetroffen; 3°. lijken, waarin het meest zorgvuldig onderzoek geen arsenicum vermag aan te toonen, worden na maanden en jaren in gemumificeerden toestand gevonden.

Voor de gerechtelijke geneeskunde zou hieruit moeten volgen dat het al of niet gemumificeerd zijn van een lijk volstrekt geen waarde heeft voor de beantwoording der vraag of arsenicum-vergiftiging heeft plaats gehad. Tot deze conclusie komt GRAFF evenwel niet; hij is van oordeel dat de gemumificeerde toestand van lijken, die maanden of jaren lang na de begrafenis opgegraven worden, het vermoeden van voorafgegane arsenicum-vergiftiging opwekt of versterkt, maar deze volstrekt niet staaft en dat de ontbinding van opgegraven lijken niets voor of tegen voorafgegane vergiftiging met arsenicum bewijst.

GAULKE * verwierp zonder voorbehoud den invloed van het arsenicum op het beloop der ontbinding. Deze staat, volgens hem, in verhouding tot den bodem van het kerkhof en het komt er hierbij vooral op aan of de grond lucht doorlaat of niet. De aanleiding tot GAULKE's uitspraak is te vinden in waarn. **39** (Hoofdst. II). Bovendien verzamelde hij ongeveer 25 waarnemingen van anderen, die hem in zijne overtuiging versterkten.

Reeds vroeger had TOUSSAINT † de voorwaarden, waaronder lijken in het algemeen mumificeeren, besproken en daarbij ook aan de arsenicum-mumificatie zijne aandacht gewijd. Ten opzichte van deze laatste kwam hij tot de volgende conclusiën.

„1°. De mumificatie van een lijk alleen bewijst niets voor de vergiftiging met arsenicum;

2°. Is het arsenicum langs scheikundigen weg niet in het lijk aangetoond dan is de mumificatie als schakel in een keten van omstandigheden, welke overigens deze vergiftiging waarschijnlijk maken, van groote waarde en maakt dat men in vele gevallen, zij het ook niet met zekerheid, dan toch met een hoogen graad van waarschijnlijkheid tot arsenicum-vergiftiging besluiten kan."

Overeenstemming omtrent het hier besproken punt is ook thans nog niet ver-

* GAULKE, *Ausgegrabene Leichen* in: CASPER's *Vierteljahrsschrift fur gerichtliche und öffentliche Medicin*, 1863, Bd. 24. S. 319,

† TOUSSAINT, *Die Mumification der Leichen*, Ibidem, 1857, Bd. 11. S. 201.

kregen. Zoo zegt ons geacht medelid KOSTER * het volgende: „Kleine hoeveelheden arsenicum hebben echter geen invloed en daar de mumificatie ook niet zelden in andere gevallen waargenomen is, blijft de twijfel geoorloofd of zij in het gegeven geval wel aan het arsenicum is toe te schrijven." Bij HERMANN † vinden wij: „In der Leiche fällt zunächst die geringe Entwicklung der Fäulniss auf; gewöhnlich ist bei ausgegrabenen Leichen nur trockene Verwesung (Mumification) vorhanden;" bij DRAGENDORFF §: Für den Fall, wo eine baldige Verbreitung des Giftes durch den ganzen Körper angenommen werden darf, ist an den Umstand zu erinnern, dass die Cadaver mit Arsenverbindung vergifteter oft sehr langsam in Fäulniss übergehen oder geradezu allmählig mumificirt werden;" bij KRAHMER **; „Eine in Leichentheilen, namentlich im Magen und Darmkanal aufbewahrte Arsenikmenge hat in zahlreichen Fällen die imprägnirten Theile gegen faulige Zerstörung verwahrt. Man hat sie in einer mumienartigen Härtung angetroffen. Die nicht imprägnirten Leichentheile unterliegen dabei der fauligen Zerstörung. Denn dieser Einfluss des Arseniks ist an seine Substanz gebunden, keine Fernwirkung;" bij CASPER-LIMAN ††: „Nach Arsenik-vergiftungen tritt der Verwesungsprocess nach gewohnten Gesetzen ein, aber bekanntlich tritt im Verlauf ein Stillstand ein, und es wird der Mumificationsprocess eingeleitet, ... Eine letzte Wirking des Arseniks ist die Mumification der Leiche. Sie scheint in allen Fällen zu entstehen, wo bedeutendere Dosen von Arsenik beigebracht und nicht ganz im Leben entleert waren . . . . Eine nothwendige Folge der Arsenikvergiftung ist übrigens die Mumification nicht;" bij SEIDEL §§: Die Fäulniss wird durch den Arsen häufig, wenn auch nicht regelmässig, in der Weise beëinflusst, dass sie von Anfang an langsamer, als sonst vor sich geht, so dass die ganzen Leichen länger frisch bleiben und einzelne aufbewahrte Organe, bes. Magen und Darm Tage lang keinen Fäulnissgeruch zeigen; oder so, dass, wenn auch die Fäulniss in den ersten Tagen und Wochen nach dem Tode im Ganzen nicht wesentlich geändert erscheint,

* W. KOSTER, *Leerboek der gerechtelijke geneeskunde voor artsen en rechtsgeleerden.* Vrij bewerkt naar het duitsche Leerboek van Dr. E. BÜCHNER, Tiel, 1871, bl. 314.

† HERMANN, *Lehrbuch der experimentellen Toxicologie*, Berlin, 1874, S. 226.

§ DRAGENDORFF, *Die gerichtlich-chemische Ermittelung von Giften in Nahrungsmitteln, Luftgemischen, Speiseresten, Körpertheilen u. s. w.*, 2[te] Auflage, St. Petersburg, 1876, S. 325.

** KRAHMER, *System der gerichtlichen Medizin*, Halle a/S. 1879, S. 589.

†† CASPER'S *Handbuch der gerichtlichen Medicin.* Neu bearbeitet und vermehrt von Dr. CARL LIMAN, Berlin 1882, Bd. 2. S. 31, 414 u. 415.

§§ MASCHKA'S *Handbuch der gerichtlichen Medicin*, 1882, Bd. 2. S. 246 u. 247.

doch eine deutliche Verlangsamung derselben an den Organen statt findet, die den Arsen hauptsächlich enthalten. So ist gerade wieder der Magen und Darm in ganz faulen Leichen auffallend gut erhalten angetroffen worden, selbst die ganze Bauchwand gegenüber den anderen Körpertheilen. Endlich ist in einer auffallend grossen Anzahl von Leichen, die nach längerer Zeit ausgegraben wurden, der Zustand der Mumification vorgefunden worden. Wenn man diesem Befunde jeden Zusammenhang mit Arsenikvergiftung absprechen will mit dem Einwande dass Mumification auch sonst vorkommt, z.B. in sehr trockenem, sandigem Boden, in Moor und Torf, so ist dem entgegenzuhalten dass die weitaus meisten Gottesäcker gerade diese Bodenbeschaffenheit nicht haben und dass man ja bei seinem Urtheile derselben Rechnung tragen kann. Der Befund der Mumification ist deshalb immer ein Zeichen, das Berücksichtigung verdient, sie „spuckt doch nicht blos in den Köpfen und Protokollen der Gerichtärzte"; en ten slotte bij TAYLOR-STEVENSON *: „Some poisons by chemically combining with animal matter, appear to confer on it the power of resisting putrefaction, at least to a very great degree. This is now a well-known property of arsenic . . . . At the same time it must be admitted that this preservative property is not manifested in all cases; hence we must not fall into the error of affirming that the person has not died from the effects of arsenic because the viscera are much putrefied."

Uit de laatste aanhalingen blijkt dat de meeningen omtrent de beteekenis van het arsenicum ten opzichte van de ontbinding der daarmede vergiftigde lijken nog belangrijk uiteen loopen. Nu zich de gelegenheid heeft aangeboden om eenige lijken, waarin arsenicum kon aangetoond worden en eenige andere, waarin dit vergift ontbrak, op verschillenden tijd na den dood te onderzoeken achtte ik mij verplicht, door de mededeeling der resultaten van dat onderzoek, iets tot beslissing der bedoelde vraag bij te dragen.

---

* TAYLOR's *Principles and practice of medical jurisprudence*, 3d Edition by STEVENSON, London, 1883, p. 100.

II. Waarnemingen van anderen.

Het kwam mij wenschelijk voor om, ter beantwoording der gestelde vraag omtrent den invloed van het arsenicum op de ontbinding der lijken van daarmede vergiftigde personen, ook waarnemingen, door anderen bekend gemaakt, te raadplegen. Onze eigene waarnemingen zijn daartoe niet talrijk genoeg, al zijn de resultaten daarvan, naar het mij voorkomt, in sommige opzichten beslissend.

Ik heb dus zestig waarnemingen van anderen bijeengebracht en laat die, ten einde het overzicht gemakkelijker te maken, in eene tabel hierachter volgen. Het zou betrekkelijk weinig moeite gekost hebben om dit aantal zeer belangrijk te vergrooten. Ik achtte dit evenwel voor het beoogde doel onnoodig, zelfs overbodig.

De waarnemingen zijn in chronologische volgorde geplaatst. In 19 gevallen (Waarn. **7, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 24, 27, 31, 40, 41, 42, 47, 48, 50, 51, 52, 53)** heeft het onderzoek van het lijk vóór de begrafenis plaats gehad. De overige 41 waarnemingen hebben betrekking op lijken, die vóór korteren of langeren tijd begraven waren. Enkele resultaten zullen aan het slot van dit Hoofdstuk besproken worden.

A 4

Tabellarisch Overzicht van 60 Wa

Volgnommer.	Waarneming, door:	beschreven in:	Vergiftigde. Naam.	Geslacht.	Leeftijd.	Bijzonderheden omtrent de kist en he kerkhof.
1		*Urtheil erster Instanz in der Untersuchungssache wider die verwitwete Geheime Räthin Ursinus, geb. von Weisz, nebst der Geschichtserzählung und den Gründen,* Berlin, 1803, S. 18.	Theodor, Gottlieb Ursinus.	M.		Kerkhof te Berlijn.
2		Ibidem, S. 25.	Christiane, Sophie, Regine Witten.	Vr.		Kerkhof te Charlotte burg.
3	Borges.	Kopp's *Jahrb. der Staatsarzneikunde,* 2ter Jahrg. 1809, S. 221.	Vrouw Töllner.	Vr.		
4	Bachmann.	*Neue Denkschriften der Physikalisch-medicinischen Societät in Erlangen,* Bd. 1, Nürnberg, 1812, S. 76.	Gromann.	M.	38 j.	Het kerkhof bestaat u klei, met kalk vermengd
5	Bachmann.	Ibidem, S. 91.	Mevrouw Glaser.	Vr.		De kist is tamelijk go bewaard. Het kerkhof b staat uit droge, zwa tuinaarde.

mingen van Arsenicum-Vergiftiging.

dsverloop schen het rlijden en onderzoek.	RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK.	AANTEEKENINGEN.
½ jaar.	Het lijk is als een mumie gedroogd. Handen, vingers, voeten en teenen zijn krampachtig samengetrokken; de huid is als perkament. *De maag en de darmen kunnen niet meer van elkander onderscheiden worden.* Net, lever en nieren zijn talkachtig (waarschijnlijk in lijkenvet omgezet). Rugwervels en bekkenbeenderen zijn van elkander gescheiden. De longen, het hart en de milt bevinden zich in goed bewaarden, natuurlijken toestand. De schedel wordt niet geopend. Arsenicum *niet* gevonden.	Ik heb dit en het volgende sectie-verslag meestal woordelijk weergegeven. U. stierf den 11den September 1800; hij was veel ouder dan zijne echtgenoot en reeds vóór hun huwelijk (1779) ziekelijk en zwak.
j. 2 m.	Het lijk is nog niet vergaan, maar slechts ingedroogd. De buikwand is ingevallen en zóó droog en hard dat hij niet dan met moeite kan doorgesneden worden. De darmen, het net en de maag vertoonen zich als eene weeke, brijachtige, op talk gelijkende massa (lijkenvet?). *De darmen en de maag zijn niet goed te onderscheiden.* De lever en de milt zijn donkerblauw van kleur. De longen zijn sterk samengevallen en het hart is in eene brijachtige massa veranderd. Arsenicum *niet* gevonden.	Mej. W. stierf den 24sten Januari 1801; het lijk werd den 25sten Maart 1803 onderzocht.
im 3 m.	Vrij ver gevorderde ontbinding, zoowel uit- als inwendig. Gelaat misvormd. Buikwand sterk gespannen. Maag door gas zeer uitgezet. Pancreas niet meer te vinden. Spieren der onderste ledematen wankleurig. (25 Mei 1804). Arsenicum in den maaginhoud aangetoond.	Dood in den nacht van 21—22 Februari 1804. In de beschrijving wordt uitdrukkelijk vermeld dat van een perkamentachtig voorkomen der huid, het door het proces van Mevrouw Ursinus te Berlijn bekend geworden kriterium eener voorafgegane arsenicum-vergiftiging, niets te bespeuren was dan aan de behaarde huid van het hoofd.
5½ m.	Verschillende deelen van het lijk zijn reeds in een vrij ver gevorderden graad van ontbinding. De stank is walgelijk. Het lijk is aan de voorzijde geheel met eene dikke laag witte schimmel bekleed Ontelbare maden bedekken het gezicht. De weeke deelen van het hoofd zijn verteerd. De buikwand is lederachtig en hard, bruin als mahoniehout. Het vet en de spieren zijn in eene spekachtige (kaasachtige) massa veranderd (lijkenvet?). De milt en eenige andere (welke?) buikingewanden laten, wegens de ontbinding, geen verder onderzoek toe. De hersenen zijn tot eene stinkende, grijsgeelachtige massa samengevloeid (24 October 1809). Arsenicum *niet* gevonden.	Deze en de beide volgende waarnemingen hebben betrekking op de slachtoffers der beruchte Anna Margaretha Steinacker, weduwe Zwanziger. Gromann was den 8sten Mei 1809 gestorven en het lijk had verscheidene dagen, bij grootendeels warm, niet zelden heet weder boven aarde gestaan.
4 m.	Het geheele lijk en vooral het gelaat is met eene dikke, sneeuwwitte schimmellaag bedekt; het gelaat is niet meer te herkennen. De huid is over de geheele oppervlakte van het lichaam hard, bruin als mahoniehout. De buikwand is matig uitgezet, klinkt bij het aankloppen en biedt bij het doorsnijden weerstand als de korst van oude kaas. De buikingewanden zijn samengevallen, doch goed te onderscheiden. De lever vooral is zeer klein, hier en daar met een witte schimmel in den vorm van dendriten bedekt (tyrosine-kristallen); deze worden ook aan de naar boven gekeerde vlakte der maag gezien. Hersenen in eene glibberige, stinkende massa veranderd, die geen verder onderzoek toelaat. (23 October 1809). Arsenicum gevonden.	Mevrouw Glaser was den 6den Augustus 1808 overleden.

Volgnommer.	Waarneming, beschreven		Vergiftigde.			Bijzonderheden omtrent de kist en het kerkhof.
	door:	in:	Naam:	Geslacht.	Leeftijd.	
6	Bachmann.	Ibidem, S. 98.	Mevrouw Gebhardt.	Vr.	39 j.	
7	Borges.	Rust's *Magazin für die gesammte Heilkunde*, Bd. 5, 1819, S. 57.		Vr.	34 j.	
8	A. S.	Henke's *Zeitschrift für die Staatsarzneikunde*, Bd. 5, 1823, S. 412.	J. Z. H.	M.	18 j.	
9	Kaiser.	Henke's *Zeitschrift für die Staatsarzneikunde*, Bd. 13, 1827, S. 286.	Josepha Schlosser.	Vr.	13 j.	
10	Kaiser.	Ibidem, S. 291.	Franz Nicolaus Schlosser.	M.	16 j.	
11	Graff.	Henke's *Zeitschrift für die Staatsarzneikunde*, Bd. 22, 1831, S. 237.	J. B.	M.	71 j.	
12	Orfila et Lesueur.	*Traité des exhumations juridiques*, Paris 1831, T. 2, p. 314.	Célestin Veillet.	M.		De kist, van oude eike houten planken gemaa is met verschillende g ten doorboord. Het kerkhof is hoog g legen en bestaat uit za met steenen tot op 3 v diepte.

[T]ijdsverloop [tu]sschen het [ov]erlijden en [he]t onderzoek.	Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
5 m. 1 j.	Het lijk is geheel in een half vergaan lijkkleed gewikkeld. Dit wordt zooveel mogelijk weggenomen en ook de dikke, grijze schimmellaag zooveel mogelijk verwijderd. De huid van borst- en buikwand blijkt eveneens bruin en hard te zijn. Een deel van het gelaat is verteerd; de handen en vingers vallen bij de minste aanraking uiteen. Eene rottende, uiterst walgelijk riekende massa bedekt het onderste gedeelte van den buik en de geslachtsdeelen. Bij het openen van den buik verbreidt zich een onverdraaglijke stank. De buik- en borstorganen verkeeren in hoogen graad van ontbinding. (24 October 1809). Zeven maanden later wordt het lijk nogmaals opgegraven (24 Mei 1810). De bekleedselen zijn nog harder en ook de buikorganen zijn opgedroogd. Arsenicum gevonden.	Mevrouw Gebhardt was den 13den Mei 1809 bevallen en overleed den 20sten Mei.
[r]uim 4 d.	De buik is matig opgezet, aan de voorzijde groenachtig gekleurd. De opperhuid aan de billen is hier en daar reeds los. (30 Januari 1811). Arsenicum gevonden.	De vrouw was in de laatste week der maand Januari (1811) gestorven na hevig braken en diarrhée. Als eene bijzonderheid werd opgeteekend dat de in een verzegelden pot bewaarde slokdarm, maag en darmen, 8 dagen na den dood, nog geen stank verspreidden.
43 u.	Ontbinding zeer ver gevorderd. Onverdraaglijke stank. Aangezicht en uitwendige geslachtsdeelen sterk gezwollen. Huid in het aangezicht, op den rug en buik groenachtig. Groote ontbindingsblazen onder de opperhuid. Darmen sterk uitgezet. (9 Juni 1808). Arsenicum in ruime hoeveelheid in de maag.	Eene oude vrouw, Wittram, genas, zoo het heette, koude koorts met een wit poeder, in een glas brandewijn gedaan. De jongeling gebruikte daarvan en stierf 5 uren later.
17½ u. 24 u.	Lijkverstijving. Doodvlekken aan de achtervlakte des lichaams. Ontbinding reeds duidelijk begonnen. Maag met veel inhoud, uitgezet. (22 October 1824). Ontbinding reeds begonnen. Lijkverstijving. Buik niet opgezet. Maag sterk uitgezet, slijmvlies week. (23 October 1824).	Eene dienstmeid vond den 21sten October 1824 een pakje, waarin zich, naar hare meening, anijsbrood bevond, deels in stukjes, deels in kruimels. Verschillende personen aten daarvan. Allen, die van de kruimels gegeten hadden, werden ziek, de anderen niet. Twee kinderen overleden. In de verdachte zelfstandigheid was arsenigzuur in groote hoeveelheid voorhanden.
15 j.	Men vindt niets anders dan een tamelijk gaaf geraamte. (Augustus 1830). Arsenicum of eenig ander metaalvergift werd *niet* aangetoond.	J. B. stierf den 30sten Augustus 1815 en werd reeds den volgenden dag begraven. Personen, die het lijk in de kist gelegd hadden, verklaarden dat het toen reeds zeer was opgezet met blauwe en zwartachtige vlekken. De man was door zijne veel jongere, wellustige vrouw vergiftigd.
16 d.	Het hoofd is ontbloot. Verder is het lijk gewikkeld in een grof beddelaken, waaronder een hemd. Het lijk verbreidt een ondraaglijken stank en verkeert in een ver gevorderden staat van ontbinding. Gelaat onkenbaar, huid zwart. Hersenen bijna vloeibaar. Spieren wankleurig. Borst- en buikorganen met duidelijke teekenen van ontbinding. (31 Augustus 1825). Arsenicum aangetoond.	Veillet was den 15den Augustus 1825 overleden en den volgenden dag begraven

Volgnommer.	Waarneming, beschreven door:	in:	Vergiftigde. Naam:	Geslacht.	Leeftijd.	Bijzonderheden omtrent de kist en het kerkhof.
13	Orfila et Lesueur.	Ibidem, p. 317.	Fortier (dochter).	Vr.	40 j.	Het lijk is niet in eene kist begraven, maar in een stevig lijkkleed, dat slechts hier en daar vergaan is, maar op vele andere plaatsen zijne stevigheid behouden heeft. Het kerkhof bestaat uit rood zand met weinig leem, altijd droog. De lijken zijn allen in afzonderlijke graven geplaatst. Rondom het lijk is de grond geheel droog.
14	Orfila et Lesueur.	Ibidem, p. 324.	Fortier (vader).	M.	60—70 j.	Zonder kist begraven in een lijkkleed, dat grootendeels vergaan is. Hetzelfde kerkhof als bij de vorige waarneming.
15	Orfila et Lesueur.	Ibidem, p. 330.		M.		De kist is tamelijk gaaf; alleen de bodem is vochtig. Het graf is 1.33 Meter diep. Het kerkhof is eenigszins hoog gelegen, droog, steenachtig.
16	Kortum.	Henke's *Zeitschrift für die Staatsarzneikunde,* Bd. 26, 1833, S. 11.	Arnold Eschweiler.	M.	40 j.	
17	Kortum.	Ibidem, S. 17.	Jacob Eschweiler.	M.	11 m.	
18	Kortum.	Ibidem, S. 22.	Heinrich Eschweiler.	M.	8 j.	

Tijdsverloop tusschen het overlijden en het onderzoek.	Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
3 m.	De huid is in het aangezicht, op de borst en op verschillende deelen der ledematen verdwenen. Over den geheelen buik is zij aanwezig, aan de oppervlakte week, in de diepere lagen vaster. Gelaat onkenbaar. De holten der schouder-, knie- en voetgewrichten zijn geopend, eveneens de borstholte, waarin de longen een afgrijselijken stank verspreiden. Het buikvlies, in zijn geheel aanwezig, heeft een geheel natuurlijk voorkomen. De buikorganen en vooral het darmkanaal, zijn even goed bewaard gebleven als bij lijken, die slechts sedert eenige dagen, onder de gunstigste omstandigheden, begraven zijn. (30 Juni 1829). Arsenicum aanwezig.	
9 m.	In alle uitwendige deelen is de ontbinding zeer ver gevorderd. Een afschuwelijke stank is tot op grooten afstand merkbaar. De schedelbeenderen zijn ontbloot; de borstholte is geopend; de ledematen vertoonen wanstaltige lappen. De huid van den buik is slechts over de helft harer dikte in ontbinding. Waar de huid nog aanwezig is zijn de spieren vrij goed gespaard gebleven. De longen zijn grootendeels vergaan, walgelijk stinkend. De buikwand biedt tamelijk veel weerstand bij het doorsnijden; de spieren zijn donkerrood, het buikvlies is ongeschonden. De buikingewanden zijn zeer goed bewaard. (2 Juli 1829). Arsenicum aanwezig.	
7 j.	Het lijkkleed is grootendeels vergaan. Het skelet is in zijn geheel. De spieren hebben haren vorm verloren. Van de overige weeke deelen, ook van de buikorganen, is eigenlijk niets meer te herkennen. Arsenicum werd gevonden.	Dit is het eerste geval, waarbij de aanwezigheid van arsenicum zóó lang na den dood geconstateerd werd.
60 u.	Alle spieren in lijkverstijving. Doodvlekken in gering aantal op den rug. Buik noch opgezet, noch wankleurig. Bij het openen der buikholte ontsnapt geen stinkend gas. De omgeving der galblaas is over eene groote uitgebreidheid sterk gekleurd. Maag en darmen bijna ledig. Arsenicum in maag- en darminhoud en in deze organen zelve.	Clara Eschweiler, een slecht opgevoed, lichtzinnig en op opschik gesteld meisje van 18 jaren, vergiftigde haren aan den drank verslaafden vader, die haar zeer streng behandelde en haar zelfs in den laatsten tijd flink lichamelijk getuchtigd had, benevens hare twee broeders; een derde kind werd ook vergiftigd, doch herstelde. Het onderzoek van het lijk van den vader en van het jongste broertje had den 10den April 1829, dat van het derde lijk een dag later plaats.
60 u.	De ledematen in verstijving. Buik matig uitgezet. Eene lichte, groene verkleuring der huid in de leverstreek. Weinig gas in maag en darmen. Geen stank. Arsenicum in maag- en darminhoud en in deze organen zelve.	
3 d.	Ledematen buigzaam. De haren van het hoofd, de wenkbrauwen en oogleden vallen zeer gemakkelijk uit. Doodvlekken talrijker dan bij de beide vorigen. De buikwand vuilgroen, meer ingevallen dan opgezet. Bij het openen der buikholte ontsnapt stinkend gas. De omgeving der galblaas is over eene groote uitgebreidheid gekleurd. Maag matig uitgezet, week, zoodat zij, bij het voorzichtig openen, inscheurt. Dunne darmen hier en daar wankleurig. Arsenicum in maag- en darminhoud en in deze organen zelve.	

Volgnommer.	Waarneming, beschreven		Vergiftigde.			Bijzonderheden omtrent de kist en het kerkhof.
	door:	in:	Naam:	Geslacht.	Leeftijd.	
19	Devergie.	*Médecine légale, théorique et pratique,* Bruxelles, 1837, T. 2, p. 101.	Douillet.	M.		
20	Ollivier.	*Annales d'hygiène publique et de médecine légale,* 1837, T. 18, p. 466.	Wed. Chevalier.	Vr.		Het kerkhof is vrij hoog gelegen, zandachtig en gewoonlijk zeer droog.
21	Beck.	Henke's *Zeitschrift für die Staatsarzneikunde,* Bd. 37, 1839, S. 137.	Maria, Josepha Sohler, geb. Mickenrieder.	Vr.		Het deksel der dennenhouten kist is ingevallen en daardoor is de kist bijna geheel met aarde gevuld.
22	Beck.	Ibidem, S. 156.	Jacob Sohler.	M.	3 j.	De dennenhouten kist is gaaf en gesloten.
23	Beck.	Ibidem, S. 169.	Josephina Sohler.	Vr.	2 j.	De kist is gaaf, als nieuw.
24	Bayard.	*Annales d hygiène publique et de médecine légale,* 1845, T. 33, p. 159.	Emile Adolphe S.	M.	8½ j.	

jdsverloop sschen het erlijden en onderzoek.	Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
8 d.	Het gelaat is sterk opgezet. Borst- en buikwand vertoonen duidelijke teekenen van ontbinding; de huid is groen gekleurd, die der bovenste ledematen eveneens, hoewel minder. De huid der onderste ledematen heeft hare natuurlijke kleur behouden. Bij het openen der buikholte ontsnapt eene groote hoeveelheid walgelijk stinkend gas. De schedel wordt niet geopend. (15 Mei 1835). Arsenicum gevonden in den maaginhoud, de maag en een gedeelte der darmen.	De man leefde met zijne vrouw in onmin, was kort vóór zijn dood uit de gevangenis, waarin hij eenige dagen doorgebracht had, ontslagen en werd door zijne vrouw vergiftigd.
3 j.	Het lijk wordt den 21sten November 1836 te Saint-Martin-sur-Oreuse, département de l'Yonne, opgegraven en is buitengewoon goed bewaard gebleven. Het wordt naar Parijs gezonden en daar den 30sten November onderzocht. Alleen de romp is aanwezig; men had er, vermoedelijk om het vervoer gemakkelijk te maken, het hoofd en de ledematen afgenomen. De kleedingstukken zijn aan de donkerbruine huid gekleefd. Borst- en buikholte zijn gesloten; de laatste is tot op de wervelkolom ingevallen. De buikingewanden zijn ineengeschrompeld en, met uitzondering van de lever, niet meer te onderscheiden. Het middenrif is onvolledig. De borstorganen zijn niet meer te herkennen. Al de beenderen zijn buitengewoon licht en breekbaar. Arsenicum gevonden.	In November 1833 verhaalde de Wed. Lamotte dat de Wed. Chevallier haar tot eenige erfgenaam gemaakt had en dat deze niet lang meer leven kon. Eenige dagen later stierf zij bijna plotseling na hevig braken en heftige buikpijnen. De verdenking viel algemeen op de Wed. L. Drie jaren later brandde het huis van een harer buurvrouwen af. Deze, die kennis droeg van de vergiftiging der Wed. C., klaagde de Wed. L. aan.
j. 10 m.	Het skelet is goed bewaard, alle banden en kraakbeenderen zijn evenwel verteerd. In de buurt der losse bekkenbeenderen zit veel lijkenvet aan de aarde en aan de overblijfselen der kleederen. Het scheikundig onderzoek maakt het hoogst waarschijnlijk dat er nog geringe sporen van arsenicum in het lijk aanwezig zijn.	De man, Joh. Bapt. Sohler, had zijne eerste vrouw, Margaretha Bauer, door verstikking gedood door haar, volgens zijn zeggen, durante coïtu, mond en neus dicht te houden. De tweede vrouw, M. J. M., was door hem met „Mausnudeln" vergiftigd. Daags na de begrafenis van deze werd haar zoontje met hetzelfde middel gedood. De vader wenschte daardoor in het bezit van het vermogen van het knaapje te komen. Niet lang daarna trad Sohler voor de derde maal in het huwelijk met Josepha Maier; ook deze trachtte hij tot twee malen toe door hetzelfde vergift uit den weg te ruimen. Een paar jaren later werd het 2-jarig dochtertje der derde vrouw op dezelfde wijze vergiftigd. Sohler hoopte daardoor de moeder, die bijzonder aan dit kind gehecht was, meer aan zich te binden.
j. 9½ m.	De beenderen van het skelet zijn bijna allen los. Bij de bekkenbeenderen bevindt zich eene zwarte, glibberige massa, waarschijnlijk overblijfselen van het darmkanaal. Arsenicum werd *niet* gevonden.	
j. bijna.	Bij de opening der kist bespeuren alle omstanders een zwakken, maar toch duidelijk waarneembaren knoflookreuk. Het lijkkleed is gedeeltelijk behouden en met myriaden doode maden en larven bedekt. De huid van het gelaat is geheel gemumificeerd, zwartbruin, perkamentachtig. Neus, oogen, ooren en de weeke deelen van mond- en keelholte zijn geheel verdwenen. De bekleedselen der borstkas zijn grootendeels verteerd, het overblijvende is voor een deel gemumificeerd. De borstingewanden zijn als zoodanig verdwenen. De buik is door een wollen lap omgeven. Daaronder zijn de huid en de voorste buikspieren gemumificeerd; de overige buikspieren zijn in adipocire veranderd. De buikingewanden zijn geheel verdwenen en, even als de borstorganen, in lijkenvet omgezet. Huid en spieren van alle ledematen in adipocire veranderd; de verbinding der beenderen is zeer los. Arsenicum *niet* gevonden.	
4 u.	Sterke lijkverstijving. Teekenen van ontbinding worden niet vermeld. (18 December 1843). Arsenicum aangetoond in maag- en darminhoud, in maag, darmen, lever, bloed.	

Volgnummer.	Waarneming, beschreven door:	Waarneming, beschreven in:	Vergiftigde. Naam:	Geslacht.	Leeftijd.	Bijzonderheden omtrent de kist en he[t] kerkhof.
25	Schaper.	*Beiträge zu der Lehre von der Arsenik-Vergiftung, gesammelt am Krankenbett und in dem Gerichtshofe,* Berlin, 1846, S. 168.	E. Fr. W. P.	M.	33 j.	De bodem van het kerk hof, uit taai leem b staande, is zeer vast; r 3 uren gravens komt me op de eikenhouten kis die 4 à 5 voeten die onder den grond ligt e waarvan de planken ze los zijn, dat het lijk ni in de kist kan vervoe worden. Daarom heeft h onderzoek in het gr plaats. De doodgrave ter plaatse verklaren no nimmer bij toevallige opzettelijke opgraving een zoo goed bewaard li te hebben aangetroffe Deze hadden echter zo der uitzondering langer tijd na de begrafenis plaa
26	Chevallier.	*Annales d'hygiène publique et de médecine légale.* 1850, T. 43, p. 420.	B.	M.	41 j.	De kist is gaaf en go bewaard.
27	Chevallier.	*Annales d'hygiène publique et de médecine légale,* 1850, T. 44, p. 432.	Jean Charles Desjardins.	M.		
28	Aguilhon.	*Annales d'hygiène publique et de médecine légale,* 1851, T. 45, p. 159.	Michel Dezèze.	M.	40 j.	De kist staat 1.6 Me onder den grond. I kerkhof te Montpensie met gras begroeid. bodem bestaat hoofdza lijk uit kalk met wei leem. De aarde bevat kokend water onoplosb arsenicumzouten.
29	Bley.	*Archiv für Pharmacie,* 1853, Bd. 125, S. 150.	Gottfried Eichel.	M.		De kist is van denn hout. Het kerkhof staat uit droge aarde e eene onderlaag van k

...dsverloop ...schen het ...rlijden en onderzoek.	Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
j. 7 m.	Het lijk is gekleed met een wit hemd, dat met rood katoen gemerkt is. De merkteekens zijn duidelijk te lezen. Hoofd, borst, buik en bovenste ledematen vertoonen geheel het beeld eener mumie. De huid ligt in groote plooien langs borst en buik. (Schaper meent daarom dat er eene belangrijke vermagering moet plaats gehad hebben; het is zeker niets anders dan een gevolg van vochtverlies). De huid van gezicht en hals is donkerbruin. De gelaatstrekken zijn geheel onkenbaar. De onderste ledematen zijn vochtig, de huid niet zoo hard als op de droge plaatsen. De reuk is als van oud, ransig spek. De buikwand is tot op de wervelkolom ingevallen, zeer gemakkelijk te snijden. De buik- en borstingewanden zijn allen te onderscheiden. Van het onderzoek van den schedel en zijn inhoud werd afgezien omdat men het voor onmogelijk hield. Arsenicum wordt aangetoond doch, naar het schijnt, slechts in geringe hoeveelheid.	De vrouw werd vermoed haren man met chocolade vergiftigd te hebben. P. overleed den 12den Maart 1838.
7 m.	Uit de kist komt eene zeer sterke verrottingslucht. Het lijk is onherkenbaar, door myriaden larven bedekt. De huid is min of meer donker van kleur, gezwollen, hier en daar week, op andere plaatsen gedroogd. De voorste buikwand is tot op de de wervelkolom ingezakt. Lever groot en vrij vast. Maag in de groote bocht gescheurd, aan het middenrif gekleefd. Darmlussen plat, tegen de wervelkolom of in het kleine bekken afgezakt. Nieren week. De hersenen, in een staat van ver gevorderde ontbinding, nemen slechts een derde gedeelte van de schedelholte in. De spieren zijn belangrijk in volumen verminderd, week, donker gekleurd. (21 Maart 1849). Uit maag, lever, nieren en darmen worden betrekkelijk ruime hoeveelheden arsenicum afgezonderd.	De man werd vergiftigd door zijne vrouw, die in ongeoorloofde verhouding leefde met L., oud 23 jaren. Hij stierf den 19den Augustus 1848.
24 u.	Geen lijkenverstijving. Buik in de liesstreken licht groen gekleurd. (24 October 1849). Arsenicum aangetoond in maag, lever, darmen, milt en nieren.	De man werd vergiftigd door zijne vrouw, die in overspel leefde met een ouvrier.
13 d.	Het gelaat is niet meer te herkennen; de stank van het lijk is vreeselijk. De opperhuid, met zwart- en grijsachtige plekken, laat gemakkelijk los. De uitwendige geslachtsdeelen zijn sterk gezwollen. De buikwand is opgezet, de spieren zijn week, groenachtig en roodachtig van kleur. Maag en darmen zijn sterk door gas uitgezet. (28 September 1849). Arsenicum aangetoond in lever, milt, maag, dunne darmen en een der nieren.	De dienstmeid, Anne Arnaud, die gehoopt had met D. te trouwen, werd verdacht hem vergiftigd te hebben toen het bleek dat hij aan een nichtje de voorkeur gaf.
j. 5 m.	Het nog ongeschonden geraamte is door eene glibberige stof bedekt. Van de borstorganen is niets meer over dan eene bruine, weeke massa. Op de plaats der lever ligt eene meer droge, halfvaste, bruine stof, waarin men, naar vorm en ligging, de lever	E. stierf den 17den Februari 1842. Hij werd vergiftigd door zijne vrouw, die, nog bij zijn leven, in verboden omgang verkeerde met haren lateren, tweeden man. Nadat zij van dezen gescheiden

Volgnommer.	Waarneming, beschreven door:	in:	Vergiftigde. Naam:	Geslacht.	Leeftijd.	Bijzonderheden omtrent de kist en het kerkhof.
30	Voigtel.	Casper's *Vierteljahrsschrift für gerichtliche und öffentliche Medicin.* 1853, Bd. 3, S. 55.	Mergener.	M.	62 j.	De kist van denne houten planken is in (naden uiteengeweke waarschijnlijk door h opgraven. Het kerkh bestaat uit gewone, los aarde, zand en voor ee deel uit puin.
31	Consbruch.	Casper's *Vierteljahrsschrift für gerichtliche und öffentliche Medicin,* 1854, Bd. 5, S. 268.	Friedrich L.	M.	1½ j.	
32	Dieu.	*Annales d'hygiène publique et de médecine légale,* 1854, 2e Série, T. 1, p. 388.	Nicolas Daudin.	M.	49 j.	De kist is niet geheel ga er loopt een zwartacht vocht door den bodem. Het kerkhof bestaat u kalkhoudend leem.] bovenste lagen laten h hemelwater gemakkeli door, de dieper gelege niet, zoodat de kisten g durende vele maanden v het jaar onder water staa
33	Kelp.	Casper's *Vierteljahrs-*	H. D. H.	M.	23 j.	De gave kist staat 5 vc

dsverloop schen het rlijden en onderzoek.	Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
	nog herkennen kan; ditzelfde geldt van de milt. Overblijfselen van de overige buikingewanden liggen aan den onderrand der halfharde massa, welke men voor de lever houdt. (24 Juli 1852). Arsenicum wordt in ruime hoeveelheid (beantwoordende aan 10 grein arzenigzuur) uit het lijk afgescheiden.	was huwde zij ten derde male en in een vertrouwelijk oogenblik bekende zij hare vroegere misdaad aan haren derden man.
1½ j.	De behaarde huid van het hoofd is hard, het haar is vast. Huid van het aangezicht hard, zwart, gedeeltelijk met witte schimmel bedekt. Oogkuilen ledig. Gelaatstrekken niet meer te herkennen. Huid van hals en borst hard, vuilbruin. Voorste buikwand tot op de wervelkolom ingevallen. Huid van den buik en van de extremiteiten als die van hals en borst. De rugvlakte is veel weeker. De kleederen (het lijk was gekleed met eene muts, een linnen halsdoek, een linnen hemd en kousen tot boven de knieën en bovendien in een lijkkleed gewikkeld) zijn aan het lijk gekleefd of gedroogd, zoodat zij slechts met moeite en stuksgewijze verwijderd kunnen worden. Bij het openen der kist verbreidt zich een zuurachtig zoete lucht als van verschaalden azijn. Geen overblijfselen van maden of larven. Maag en darmen geheel ledig. De eerste is moeielijk te onderscheiden en te isoleeren. Lever zeer klein; milt in eene vuilwitte massa veranderd. Pancreas niet te vinden. In het mesenterium veel vet, grootendeels van eene geelachtige kleur en nog week, voor een deel ook verzeept en in eene groenachtige olie veranderd. Nieren in lijkenvet omgezet. Hart samengevallen, klapvliezen nog duidelijk te herkennen. Groote aderlijke en slagaderlijke stammen goed bewaard. Van het borst- en halsgedeelte van den slokdarm is niets meer te vinden. Het harde hersenvlies is goed bewaard gebleven; de beide andere vliezen zijn niet meer te herkennen. De hersenen, tot op de helft van haar volumen verminderd, verspreiden geen stank, maar denzelfden reuk als bij het openen der kist waargenomen is. Arsenicum in maag en darmkanaal aangetoond.	De oude man, potator, werd door zijn zoon uit jaloezie vergiftigd omdat deze meende dat de vader het met zijne vrouw hield. M. stierf den 6den December 1849 en werd reeds den 8sten December begraven. De opgraving geschiedde den 7den Juni 1851.
46 u.	Geen lijkverstijving. Geen stank of verkleuring der huid. Haren gemakkelijk uit te trekken. Oogen eenigzins ingevallen, corneae helder en doorschijnend. Buik zeer opgezet. Darmen sterk door gas uitgezet. (11 November 18—). Arsenicum aangetoond in den maaginhoud en in de uitgebraakte stoffen.	De vader, bezorgd voor de toekomst wegens den slechten gang zijner zaken, vergiftigde zich zelven en zijne 4 kinderen. De vader en de drie andere kinderen herstelden.
. 3 m.	Het geraamte is bijna geheel van weeke deelen ontdaan, zonder stank. Met uitzondering van enkele overblijfselen van aponeurosen, ribbenkraakbeenderen en den processus xiphoïdeus sterni kunnen geen weeke deelen herkend worden. De hersenen zijn in volumen verminderd; vliezen en windingen zijn verdwenen; de consistentie is grooter dan in verschen toestand. Aanvankelijk zijn de hersenen reukeloos; weldra verbreiden zij evenwel een ondraaglijken stank en worden bijna vloeibaar. (Maart 1853). Arsenicum aangetoond.	De ver gevorderde graad van ontbinding werd daaraan toegeschreven dat de kist waarschijnlijk afwisselend droog en onder water geweest was. D. stierf den 6den December 1850; hij werd vergiftigd door eene gehuwde vrouw, met wie hij verboden omgang had en aan wie hij zijne gansche nalatenschap vermaakt had.
2 d.	De ontbinding is gering; geen stank. Het gelaat is met eene	De man, die vroeger gesukkeld had en daarna

Volgnommer.	Waarneming, beschreven door:	Waarneming, beschreven in:	Vergiftigde. Naam:	Geslacht.	Leeftijd.	Bijzonderheden omtrent de kist en het kerkhof.
		schrift für gerichtliche und öffentliche Medicin, 1855, Bd. 7, S. 300.				ten diep in den zandacl tigen grond.
34	Kelp.	Ibidem, S. 318.	G. H. (Vader van H. D. H.).	M.		De kist is tamelijk goe bewaard; de wanden zij hier en daar ingezakt, m gaten en vermolmd. I kist staat 6 voeten die onder zandachtige aardl gen; de aarde bevat ve kalk, weinig ijzer, ka natron en humuszuur, ge spoor van arsenicum.
35	Kelp.	Ibidem, S. 319.	Anna Elisabeth H. (Zuster van H. D. H.).	Vr.	13 j.	Kist en graf als in voorafgaande waarn ming.
36	Keber.	Casper's *Vierteljahrsschrift für gerichtliche und öffentliche Medicin*, 1859, Bd. 15, S. 256.	Christoph T.	M.	40—50 j.	
37	Maschka.	Ibidem, S. 76.		M.	3 j.	
38	Dorien.	Casper's *Vierteljahrsschrift für gerichtliche und öffentliche Medicin*, 1862, Bd. 22, S. 20.	Johan J.	M.	40—50 j.	

dsverloop schen het rlijden en onderzoek.	Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
	dikke schimmellaag bedekt, zoodat de gelaatstrekken onkenbaar zijn. Schimmelvlekken op de borst. Aan de onderbuikstreek is ontbinding bemerkbaar; de ledematen schijnen nog geheel versch. Bij de opening der buikholte wordt weinig stank bespeurd. Het slijmvlies van de maag laat gemakkelijk los en is door de ontbinding onkenbaar. Arsenicum wordt in ruime hoeveelheid gevonden.	hersteld was, werd den 3den December 1851 ziek (braken) en stierf den 5den December. De opgraving en het onderzoek hadden den 26sten Januari 1852 plaats. H. werd door vrouw B., zijne zuster, die zijne eenige erfgenaam was, vergiftigd.
6½ j.	Men vindt een groot, goed bewaard gebleven geraamte; van de weeke deelen en organen is niets meer over dan eene bruinachtige, glibberige met eene witte schimmellaag bedekte massa, die de beenderen overal in verschillende dikte omgeeft, maar geen stank verspreidt. Arsenicum werd duidelijk aangetoond.	Tijdens het gerechtelijk onderzoek werden ook de lijken van den vader (Waarn. **34**) en de zuster (Waarn. **35**) van H. D. H. opgegraven (14 April 1852); beide waren onder dezelfde ziekteverschijnselen gestorven, waaronder ook H bezweek. Het lijk van de in 1843 (dus vóór 9 jaren) overleden moeder verkeerde nagenoeg in denzelfden toestand van ontbinding als dat van den vader en de zuster; de drie lijken lagen naast elkander. Het lijk van de moeder werd niet nader onderzocht omdat de verdachte dochter niet te huis was toen zij stierf en hare laatste ziekte zonder verdachte verschijnselen verloopen was.
8 j.	Het lijk verkeert ongeveer in denzelfden toestand als het vorige. Arsenicum nog duidelijker aangetoond.	Twee maanden later liep het gerucht dat vrouw B. haar kind van vijf maanden, dat zij slecht verzorgd had en dat vóór 3½ jaar plotseling gestorven was, ook vergiftigd zou hebben. Het lijkje werd opgegraven. Het gave kistje lag 6 voeten diep in het hoog gelegene, droge, zandachtige kerkhof. Het lijkje was gedeeltelijk gemumificeerd, gedeeltelijk verzeept, voor een ander deel verteerd. *Arsenicum werd niet gevonden.*
7 d.	Lijkverstijving belangrijk, ontbinding nauwlijks merkbaar begonnen. Over den geheelen rug helderroode doodvlekken. De buik is niet opgezet; de wand is eerder hard en eenigszins ingevallen. Maag en darmen zijn niet door gas uitgezet. (21 April 1856). Arsenicum werd in zeer aanzienlijke hoeveelheid in de maag gevonden, verder ook veel in darmen, lever en milt, zeer weinig in het hart, niet in nieren en blaas.	
9 d.	De huid is aan de voorvlakte vuil blauwgrijs, aan de achterzijde blauwzwart; het gelaat is bleek. Uit mond en neus ontlast zich een vuilbruine, stinkende vloeistof. Buik sterk opgezet. Maag en darmen met veel gas. (16 Juni 18—). Arsenicum in ruime hoeveelheid aangetoond.	Het knaapje had pneumonie aan de rechterzijde. Eene onderwijzeres had poeder van albast gezonden en dit als zeer heilzaam aangeraden. Anderhalf uur na het innemen daarvan was het kind gestorven.
5 d. 9 m.	Het lijk heeft eene gewone kleur. De corneae zijn troebel, niet ingevallen; de opperhuid is overal vast. Geen lijkenlucht, dus ook geen ontbinding. (29 April 1855). *Maag en darmen werden uit het lijk genomen.* Uit den maaginhoud en van de binnenvlakte der maag worden $5^3/_4$ grein arsenigzuur in substantie verzameld. Wegens verschil in de uitspraak der deskundigen wordt het lijk den 18den Januari 1856, dus bijna negen maanden na den dood opgegraven en op nieuw onderzocht. De stank is over het algemeen niet sterk, de ontbinding betrekkelijk weinig gevorderd. Het gelaat is ingevallen, de huid bruin, hard; de	De man werd vergiftigd door zijne derde vrouw, die 15 jaren jonger was dan hij zelf. Het huwelijk was zeer ongelukkig; beide echtgenooten waren aan den drank verslaafd. Bovendien werd de huwelijkstrouw door de vrouw geschonden.

Volgnommer.	Waarneming, beschreven door:	Waarneming, beschreven in:	Vergiftigde. Naam:	Vergiftigde. Geslacht.	Vergiftigde. Leeftijd.	Bijzonderheden omtrent de kist en het kerkhof.
39	Gaulke.	Casper's *Vierteljahrsschrift für gerichtliche und öffentliche Medicin*, 1863, Bd. 23, S. 322.	Schaumann.	M.		
40	Keber.	Ibidem, S. 292.		Vr.	Middelbaar.	
41	Keber.	Ibidem, S. 295.		Vr.	30 j.	
42	Keber.	Ibidem, S. 298.		M.	Middelbaar.	
43	Keber.	Ibidem, S. 300.		Vr.	30 j.	

isverloop chen het lijden en nderzoek.	Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
	oogbollen zijn verdwenen; de huid van het hoofd is weeker en de haren zijn gemakkelijk uit te trekken. De hersenen zijn tot op een derde deel van haar volumen ingekrompen, vast. De huid van het lichaam is bruin, vast en bijna perkamentachtig droog. Omtrent den graad van ontbinding in den buik en van de ledematen wordt niets gemeld. De hoeveelheid van het in hart, lever, nieren en hersenen (de milt is niet meer te vinden) aanwezige arsenigzuur bedraagt 17 $^{1}/_{3}$ grein.	
4 j.	De weeke deelen zijn bijna geheel vergaan. In de overblijfselen wordt arsenicum gevonden.	Gaulke verhaalt eerst van het lijk van zekeren Plickat, dat wegens vermoeden van vergiftiging, 8 jaren na den dood, opgegraven werd. Het kerkhof was zandachtig. Op de plaats, waar de kist stond, liep eene kleine bron frisch water voor een deel tusschen de kist en het deksel. De deelen van het lijk, die met het water in aanraking geweest waren, waren verzeept en hard, geheel zonder verrotting; de andere waren voor een aanzienlijk deel vergaan. *Arsenicum of een ander metaalvergift werd niet gevonden.*
	Uitgebreide hypostatische vlekken op den rug en aan de dijen. Ontbinding weinig gevorderd, weinig stank. Buik weinig opgezet. Arsenicum aangetoond in de lever, milt, maag, den maaginhoud, de nieren (zeer langzaam) blaas, dunne darmen.	Zelfmoord der sterk aan den drank verslaafde vrouw door eene groote hoeveelheid rattenkruid. Dood na 24 uren. Behalve het door den geneesheer voorgeschreven antidotum (Liquor ferri oxydati hydrati) was eene ruime hoeveelheid *koeiemest met melk* genuttigd, in die streken (bij Danzig) bij ingewandsontstekingen in gebruik.
	Weinig gevorderde ontbinding. Duidelijke stank. Groote, blauwroode doodvlekken op den rug. Duidelijke lijkverstijving aan de ledematen en in het kaakgewricht. Het hoofdhaar is zeer gemakkelijk uit te trekken. Arsenicum aangetoond in zeer belangrijke hoeveelheid in de lever, ook in dunne darmen en nieren, in de milt (weinig), niet in het hart en in de blaas. Uit de maag wordt zooveel zwavelarsenicum afgescheiden als aan 3 grein metallisch arsenicum beantwoordt.	Zelfmoord van eene vrouw, die van haren echtgenoot gescheiden leefde en tot een anderen, ouderen, gehuwden man in ongeoorloofde betrekking stond.
3 d.	Ver gevorderde ontbinding Erge stank. Zeer weinig lijkverstijving. Blauwroode, groote doodvlekken op de rugvlakte van den romp en van de ledematen. Arsenicum aangetoond in de maag en in de lever (zwak).	Zelfmoord van een arbeider, bij een gerechtelijk onderzoek omtrent brandstichting betrokken. Dood na eenige uren.
w.	Het lijk verbreidt een verpestenden stank. Ontbinding ver gevorderd. Gelaat, hals en het grootste gedeelte van den rug donkergroen gekleurd. Buikwand sterk opgezet, groen. De opperhuid laat bij de minste aanraking los. Maag en darmkanaal sterk door gas uitgezet. Hersenen in eene vloeibare, brijachtige massa veranderd. Arsenicum gevonden in de maag, de lever, de nieren, de pisblaas en de dunne darmen (het minst).	De ongehuwde dienstmeid, in de 4de maand zwanger zijnde, had een abortief middel ingenomen en stierf na eene ziekte van 50 uren, (diarrhée, braken, krampen in het rechter been) naar men meende, aan cholera. Uit vrees voor besmetting had de begrafenis binnen den wettelijk vastgestelden termijn van 3 maal 24 uren na den dood plaats. Een foetus van 14—15 weken werd tusschen

Volgnommer.	Waarneming, beschreven door:	in:	Vergiftigde. Naam:	Geslacht.	Leeftijd.	Bijzonderheden omtrent de kist en [h]et kerkhof.
44	Keber.	Ibidem, 1863, Bd. 24, S. 132.	J.	M.	50—60 j.	
45	Keber.	Ibidem, S. 146.	K.	M.		De kist is gaaf. De gr[ond] van het glooiende kerk[hof] bestaat uit roode gr[ond] met groote en kl[eine] steenen vermengd. [Het] graf van K. bevindt [zich] op het hoogste gede[elte] van het kerkhof.
46	Keber.	Ibidem, S. 151.	O.	Vr.		De kist is geheel [gaaf] en zelfs de roode [verf] waarmede zij bestr[eken] is, is ongedeerd. De aarde van het [kerk]hof is geheel droo[g en] bestaat uit vast leem [met] weinig zand vermen[gd].

[Tij]dsverloop [tu]sschen het [ove]rlijden en [het] onderzoek.	Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
		de dijen van het lijk gevonden; het was waarschijnlijk vóór het overlijden in de scheede gekomen en na den dood door de toenemende gasontwikkeling verder uitgedreven. *De foetus bevatte geen arsenicum.*
7 d.	Uitgebreide doodvlekken op den rug en aan den buik. Maag en darmen niet door gas uitgezet. Door de ver gevorderde verweeking en ontbinding konden geene bijzonderheden betrekkelijk de gesteldheid der verschillende klieren van het darmkanaal opgemerkt worden. Arsenicum werd, hoewel in zeer geringe hoeveelheid, aangetoond in maag, lever en dikke darmen.	De man was tijdens eene cholera-epidemie (1848) door zijne vrouw vergiftigd. Hij overleed den 18den November 1848; de opgraving en het onderzoek hadden den 25sten November 1848 bij natkoud en betrokken weder plaats.
[.]j. 5 m.	Het lijk verbreidt geen rottenden, maar een modderachtigen reuk. De huid en de overige weeke deelen van het aangezicht zijn verdwenen, de oorschelpen eveneens; de oogkassen zijn ledig. De weeke deelen van mond en hals zijn geheel verteerd. De borstholte is aan beide zijden onder het sleutelbeen geopend. Het borstbeen en een gedeelte der ribben zijn met een lederachtig harde huid bedekt. De buikbekleedselen zijn nog geheel voorhanden, zeer hard en vast op het aanvoelen, zwartbruin van kleur. De weeke deelen van den linkerarm zijn bijna geheel verdwenen. Aan den rechter voorarm vormen zij eene harde, gemumificeerde massa van donkerbruine kleur, waaronder echter geene duidelijke overblijfselen van spieren, maar wel van pezen en aponeurosen zichtbaar zijn. Aan de dijen en de onderbeenen is van de weeke deelen niets meer over. Rondom de kniegewrichten zijn de weeke deelen lederhard en zwartbruin. De hand- en voetgewrichten, tamelijk ongedeerd, vallen bij aanraking uiteen. De hersenen zijn in eene weeke, vuilgrijze massa veranderd. Het hart is nog te herkennen, maar de verschillende afdeelingen zijn niet meer te onderscheiden. Longen vergaan. Lever goed bewaard. Galblaas niet meer te vinden, de ophangband der lever evenmin. Maag, milt, pancreas, darmen (met uitzondering van een klein gedeelte der crassa) niet meer van elkander te onderscheiden; nieren en blaas nog eenigszins te herkennen. Arsenicum aangetoond in lever, hart, buikbekleedselen, overblijfselen der buikingewanden.	De man was vergiftigd door zijne vrouw, die spoedig daarna op nieuw in het huwelijk trad; hij was in December 1849 overleden; het lijk werd den 19den Mei 1853 opgegraven en onderzocht. Gedurende het gerechtelijk onderzoek werd vrouw K. beschuldigd, behalve haren echtgenoot, nog een anderen man vergiftigd te hebben. Deze was den 20sten Januari 1850 overleden; zijn lijk, *dat op hetzelfde kerkhof als dat van K. begraven was*, werd den 27sten September 1853 (dus na 3¾ jaren) opgegraven. Later bleek dat de man aan de gevolgen eener apoplexie overleden was en in het lijk werd *geen spoor van arsenicum* aangetroffen. Het lijk had een muffen reuk als van oude kaas. De geheele huid was donkerbruin, bijna zwart, overal goed bewaard gebleven, tamelijk vast, perkamentachtig en droog, maar niet hard bij het insnijden. Ruime vorming van lijkenvet; geen spoor van de spieren meer over. Het hart in zijne deelen duidelijk te herkennen. Lever, maag, dunne en dikke darmen, pisblaas goed te onderscheiden. Keber deelt nog een ander geval mede (S. 157) waarin het lijk van een onder verdachte omstandigheden gestorven man na 5½ jaren opgegraven werd. Het lijk was grootendeels onverteerd; bijna de geheele huid van de bovenarmen, de borst en den buik waren goed bewaard en gemumificeerd. De verschillende lagen der buikspieren en de lever waren duidelijk te herkennen. *Sporen van arsenicum werden niet gevonden.*
6 j.	In het gelaat zijn nog slechts sporen der weeke deelen over; aan den hals zijn deze geheel verdwenen. Aan de bovenste ledematen is niets meer over dan eene dunne, zwartbruine, gedeeltelijk aan het nog vrij wel te herkennen lijkkleed, gedeeltelijk aan de beenderen klevende laag. De borstkas is open. De buikwand, bijna geheel bewaard, vormt eene bruine, vaste, lederachtige massa. De beide dijen zijn opmerkelijk goed bewaard; de huid is, als die van den buikwand, gemumificeerd. Kniegewrichten volkomen bewaard. Onderbeenen en voeten sterk ver-	Het tamelijk onnoozele meisje werd verdacht van met haren zwager, bij wien zij inwoonde, in verboden omgang te leven en had met hare andere, eveneens ongehuwde zuster, wegens het uitblijven der menstruatie, een drank, naar het heette uit bier en laurierbessen bereid, ingenomen, die haar door hare gehuwde zuster toegediend was. Beide werden ziek; de eerste stierf reeds des nachts; de andere, die veel melk gedronken en veel gebraakt

Volgnommer.	Waarneming, beschreven door:	Waarneming, beschreven in:	Vergiftigde. Naam:	Geslacht.	Leeftijd.	Bijzonderheden omtrent de kist en h[et] kerkhof.
47	Otto.	Von Horn's *Vierteljahrsschrift für gerichtliche und öffentliche Medicin*, 1865, N. F. Bd. 2, S. 177.	Vrouw R.	Vr.		
48	Greiner.	Von Horn's *Vierteljahrsschrift für gerichtliche und öffentliche Medicin*, 1866, N. F. Bd. 5, S. 345.	Vrouw B.	Vr.	31 j.	
49	Steinhäuser.	*Zeitschrift für Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe*, 1867, N. F. Bd. 6, S. 524.		Vr.		Kerkhof zeer vocht[ig] zoodat de graven bij [...] weder min of meer [...] water gevuld zijn.
50	Tardieu.	*Etude médico-légale et clinique sur l'empoisonnement* (avec la collaboration de Z. Roussin) 2e Edition, Paris, 1875, p. 408.	Schwann.	M.		
51	Tardieu.	Ibidem, p. 410.	Emma Charles.	Vr.	17 j.	
52	Tardieu.	Ibidem, p. 412.	Labaste.	M.		
53	Tardieu.	Ibidem, p. 440.		M.	24 j.	

sverloop chen het lijden en nderzoek.	RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK.	AANTEEKENINGEN.
	gaan. In de buik- en borstholte is geen orgaan meer te herkennen. Van hersenen en ruggemerg is geen spoor meer aanwezig. In de overblijfselen der ingewanden werden sporen van arsenicum gevonden, in de buikbekleedselen en in de spieren niet.	had, herstelde en bracht later een voldragen kind ter wereld.
2 d.	Lijkverstijving. Uitgebreide doodvlekken aan den rug, de extremiteiten en den buik. Oogen ingezonken; corneae troebel, week (28 Maart 1859). Arsenicum aangetoond.	De vrouw had des nachts een wit poeder ingenomen, dat zij voor cremor tartari hield.
36 u.	Matige lijkverstijving. Talrijke doodvlekken. Ontbinding nauwelijks begonnen. (25 Januari 1865). Arsenicum in ruime hoeveelheid in den maaginhoud, in de maag enz. aangetoond.	Het onderzoek geschiedde op verzoek der familie, die zelfmoord vermoedde.
22 j.	Skelet goed bewaard; de beenderen vallen evenwel bij de minste aanraking uiteen. Uit buik- en borstholte wordt eene vormlooze, bruine, brokkelige eenigszins smeerachtige en met wat aarde vermengde massa (overblijfselen van weeke deelen) opgeschept; daarbij wordt eene niet onbelangrijke hoeveelheid van de tamelijk goed bewaarde hersenen gevoegd. Duidelijke, hoewel geringe, sporen van arsenicum werden daarin gevonden.	Zekere R. werd in 1847 verdacht en beschuldigd zijn zesjarig dochtertje met arsenicum vergiftigd te hebben. Niettegenstaande er arsenicum in het lijk werd gevonden, werd hij vrijgesproken. Omstreeks het einde van het jaar 1866 werden verscheidene personen in het huis, dat R. bewoonde, ziek onder verschijnselen van vergiftiging; in het meel, dat zij gebruikt hadden, werd eene aanzienlijke hoeveelheid arsenicum gevonden. Bij het gerechtelijk onderzoek bekende R. dat hij het arsenicum onder het meel gemengd had en tevens dat hij in Maart 1845 zijne toenmalige beminde en hun gemeenschappelijk kind van een half jaar met arsenicum vergiftigd had. Op den 1sten April 1867 werd het lijk der vrouw opgegraven en onderzocht.
2 u.	Lijkverstijving geheel verdwenen. Doodvlekken. Buik groenachtig gekleurd (11 Mei 1850). Arsenicum aangetoond.	
6 u.	Het lijk is met het oog op de temperatuur (in de maand Juni) zeer goed gebleven. De ingewanden zijn nog eenigszins warm.	In een oogenblik van walging over het ongebonden leven, waartoe zij zich had laten verleiden, nam E. C. 10 grammen rattenkruid in en stierf 72 uren later.
3 d.	Het lijk verkeert in zeer ver gevorderden staat van ontbinding. Talrijke ontbindingsblazen en groene vlekken worden aan het hoofd, den buik en de geslachtsdeelen gezien (7 Augustus 1852).	De jonge man, bediende in een drogisterij, had bij vergissing kalium-arseniaat in plaats van kaliumsulfaat ingenomen.
9 u.	Lijkverstijving zeer gering. Ontbinding niet aanwezig (11 Januari 1873). De uit het lijk genomen organen verspreiden geen ontbindingslucht, zelfs niet nadat zij eenigen tijd aan de lucht blootgesteld geweest zijn. Belangrijke vetontaarding van de verschillende ingewanden, (vooral van de lever) van hersenen en ruggemerg. Arsenicum aangetoond.	

Volgnommer.	Waarneming, beschreven		Vergiftigde.			Bijzonderheden omtrent de kist en h kerkhof.
	door:	in:	Naam:	Geslacht.	Leeftijd.	
54	Altschul.	Friedrich's *Blätter für gerichtliche Medicin und Sanitätspolizei,* 1875, Jahrg. 26, S. 465, 1876. Jahrg. 27, S. 49.	Josef T.	M.	40 j.	De kist staat 2 Met onder den grond en gaaf; de wanden van graf bestaan uit zan steenrotsen. Het kerkhof ligt op ee droge, zandachtige hoo vlakte.
55	Altschul.	Ibidem.	Joseph K.	M.	3 m.	Het kistje ligt in dro zand.
56	Dr. H. F. Thijssen en Dr. J. G. de Voogt.	(Uit het Archief van het Gerechtshof te Arnhem).	Gijsberta Antonia Lankermann, huisvrouw van J. H. Thuis.	Vr.		De kist is gaaf. De dem van het kerkhof staat uit klei, met za vermengd. De ligging zeer laag, zoodat so tijds bij het begraven kisten in het water plaatst worden. Het kerkhof is van jo dagteekening; er zijn n mer graven geroerd.
57	Dr. H. F. Thijssen en Dr. J. G. de Voogt.	(Uit het Archief van het Gerechtshof te Arnhem).	Hendrik van den Heuvel.	M.		De withouten kist goed bewaard; de bod staat 1.5 Meter bene de oppervlakte. Het kerkhof ligt ho boven het aangrenz terrein. De bodem best uit zand met wat l en ijzer, bijna geen l of humus. De dood vers verklaren bij roeren der graven n mer gemumificeerde ken aangetroffen te l ben.
58	Bergeron, Delens et L'Hôte.	*Annales d'hygiène publique et de médecine légale,* 1878, 2e Série, T. 50, p. 72.	Mevrouw Danval, geb. Jarry.	Vr.	21 j.	De eikenhouten kis volkomen gesloten geplaatst in een gesl en gemetselden ke van het kerkhof M martre.

…lsverloop …chen het …lijden en …nderzoek.	Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
14 j.	De deelen van het geraamte zijn nog met elkander in verbinding. De weeke deelen zijn grootendeels verdwenen. In de overblijfselen (ook in de haren) wordt arsenicum gevonden.	Franziska K., eene bij uitstek liederlijke vrouw, vergiftigde hare eerste twee mannen (de derde verliet haar uit vrees van hetzelfde lot te zullen ondergaan), zette hare dochter aan tot vergiftiging van haren echtgenoot en diende vervolgens vergift toe aan haar buiten echt geboren kind (Joseph K.). De eerste man (Josef T.) stierf in 1860; zijn lijk werd den 15den Juli 1874 opgegraven en onderzocht. Het lijk van den tweeden man kon niet teruggevonden worden. Het kind stierf den 1sten November 1871; het lijkje werd den 16den Juli 1874 opgegraven en onderzocht.
…j. 8 m.	Het lijkje is als een mumie verdroogd; de nog aanwezige weeke deelen zijn vast, bruin van kleur. Arsenicum gevonden.	
…j. 1 m.	Het zware, breede lijk verkeert in een afzichtelijken staat van ontbinding. De kleedingstukken zijn grootendeels vergaan; het lijkkleed, een z.g. hennekleed, is nog voor een deel aanwezig. Een breede band van blauwe baai omgeeft den buik. De buik- en borstwand zijn gemumificeerd. De buikwand is als een koepel over de diepliggende buikingewanden gewelfd. De maag is niet te isoleeren en moeielijk van de andere organen te onderscheiden. De lever en de rechter nier zijn te herkennen. De baarmoeder en de eierstokken zijn in goeden toestand aanwezig (3 Juni 1876). Uit de van het lijk genomene deelen werd door de H. H. Dr. F. van Calker en D. van Aalst zooveel arsenicum afgescheiden als aan 1.854 gram As_2O_3 beantwoordt.	De vrouw was den 6den Mei 1874 overleden.
…. 4 m.	Een ontelbare menigte larven en ontwikkelde insekten bedekt de wollen slaapmuts. De weeke deelen van het hoofd en het aangezicht zijn vergaan. Het lijk is afkomstig van een mageren man; van vetweefsel is schier niets te vinden. De uitwendige bekleedselen van buik- en borstholte zijn dor en droog, met doorschijnende grootere en kleinere, aderlijke vaten gemarmerd, als het ware verbrand en perkamentachtig; armen en beenen zijn als geskeleteerd; de dijbeenderen alleen zijn nog door een laagje ingedroogd spierweefsel en perkamenthuid omgeven. De borst- en buikingewanden zijn ingeschrompeld. De maag is te herkennen. Van lever en nieren is slechts zeer weinig meer aanwezig (30 Augustus 1876). De H.H. Dr. F. van Calker en D. van Aalst hebben uit de van het lijk genomen organen zooveel arsenicum afgescheiden als aan 0.1015 gram As_2O_3 beantwoordt.	De man overleed den 27sten April 1875.
…3 d.	Teekenen van ver gevorderde ontbinding aan de ledematen, den hals en het aangezicht. De opperhuid laat op vele plaatsen, vooral op het bejaarde hoofd, in groote lappen los. De ontbinding is aan den romp veel minder; achter en ter zijde van den romp en in de onderbuikstreek, in de onmiddellijke nabijheid der geslachtsdeelen, is de huid groen gekleurd. De buik is niet opgezet. De buikingewanden vertoonen geen teekenen van ont-	Voortdurende brakingen en hevige diarrhée waren aan den dood (9 September 1877) voorafgegaan. Het lijk was met bederf- en stankwerende middelen besproeid. De uitspraak der deskundigen omtrent de oorzaak van den dood luidde verschillend.

Volgnommer.	Waarneming, beschreven door:	Waarneming, beschreven in:	Vergiftigde. Naam:	Vergiftigde. Geslacht.	Vergiftigde. Leeftijd.	Bijzonderheden omtrent de kist en h[et] kerkhof.
59	Mayet (Bardy-Delisle).	*Annales d'hygiène publique et de médecine légale.* 1879, 3e Série, T. 1, p. 152.	Marie Chignaguet.	Vr.		Het deksel van de k[ist] is los en de kist be[vat] 2—3 liters modderach[tig] vocht. De aarde van [het] kerkhof bevat eene z[eer] geringe hoeveelheid [van] eene onoplosbare arse[ni]cum-verbinding.
60	Sonnenschein-Classen.	*Handbuch der gerichtlichen Chemie,* 2e Aufl. Berlin, 1881, S. 120.	Kunze.	M.		De kist is ingevallen.

sverloop chen het lijden en nderzoek.	Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
	binding; zij zijn verkleurd en opmerkelijk droog. De darmlussen zijn plat, de wanden zeer dun. In de wanden der bijna geheel ledige maag worden eenige groote gasblazen opgemerkt. De hersenen verkeeren in zeer ver gevorderden staat van ontbinding. Arsenicum aangetoond.	
0 m.	De deelen van het geraamte liggen in eene zwarte, vloeibare massa, die met lepels moet opgeschept worden. De hersenen alleen zijn goed bewaard gebleven en hard alsof zij met salpeterzuur behandeld waren, zooals dit wel eens voor ontleedkundige doeleinden geschiedt. Arsenicum gevonden.	
er dan jaar.	De schedel en verschillende overblijfselen van beenderen worden in de kist gevonden. De uitspraken der deskundigen over de al of niet aanwezigheid van arsenicum in de beenderen liepen uiteen.	De vrouw klaagde zich zelve aan dat zij op den 10den October 1843 haren man vergiftigd had.

Omtrent de hierboven medegedeelde waarnemingen is, met het oog op ons onderwerp, het volgende op te merken.

Het getal der lijken, welke vóór de begrafenis onderzocht werden, bedraagt 19; op blz. 25 zijn de waarnemingen aangegeven, die hierop betrekking hebben. In al deze lijken werd arsenicum aangetoond, in enkelen zelfs in groote hoeveelheid (Waarn. **8, 41, 48, 51**). Het tijdsverloop tusschen het overlijden en het onderzoek was verschillend; in Waarn. **9** bedroeg dit slechts $17^1/_2$ uren, terwijl in Waarn. **7** vier dagen verstreken waren, vóór dat het onderzoek plaats had.

Het valt in het oog dat de graad van ontbinding, die bij de lijken aangetroffen werd, zeer verschillend was. Dit verschil kan evenwel bijna zonder uitzondering verklaard worden uit het jaargetijde, waarin het overlijden plaats had. Zoo vinden wij b.v. in Waarn. **8** vermeld, dat de ontbinding 43 uren na den dood reeds zeer ver gevorderd was. Het lijk werd den 9den Juni 1808, dus midden in den zomer, onderzocht; arsenicum werd in ruime hoeveelheid in de maag gevonden. In Waarn. **31** was de ontbinding na 46 uren nauwelijks begonnen, doch hier geschiedde het onderzoek op den 11den November 18—.

De Waarn. **51** en **53** vereischen nog eene korte bespreking. In de eerste wordt vermeld dat het lijk met het oog op de temperatuur (in de maand Juni) zeer goed gebleven was en dat de ingewanden nog eenigszins warm waren. Het lijk werd 36 uren na den dood onderzocht en het is, volgens mijne ervaring, niets ongewoons dat, zelfs bij zomerwarmte, de teekenen van ontbinding nog ontbreken, indien er zoo weinig tijd na den dood verloopen is. Overigens worden geen bijzonderheden vermeld omtrent de plaats, waar en de wijze, waarop het lijk vóór het onderzoek bewaard werd.

Het feit, in Waarn. **53** vermeld, dat de uit het lijk genomene organen geen ontbindingslucht verspreidden, zelfs nadat zij gedurende eenigen tijd aan de lucht blootgesteld geweest waren, heeft niets bevreemdends, daar het onderzoek midden in den winter (11 Januari 1873) plaats had.

Uit bovenstaande feiten is dus af te leiden dat het toegediende arsenicum op de ontbinding der lijken in de eerste dagen na den dood geen invloed heeft uitgeoefend.

Het getal der begravene lijken, in het Tabellarisch overzicht opgenomen, bedraagt 41. In zes gevallen (Waarn. **1, 2, 4, 11, 22, 23**) werd in het lijk geen

arsenicum gevonden *. In Waarn. **60**, waar na meer dan 20 jaren de schedel en overblijfselen van andere beenderen onderzocht werden, waren de uitspraken der deskundigen over de al of niet aanwezigheid van het vergift uiteenloopend. In Waarn. **21** waren hoogstwaarschijnlijk nog geringe sporen van arsenicum in de overblijfselen aanwezig. Hier werd na 3 jaren en 10 maanden een goed bewaard geraamte gevonden met veel lijkenvet in de nabijheid der bekkenbeenderen. In Waarn. **25** en **49** werd het arsenicum slechts in geringe hoeveelheid aangetoond; het eerste lijk, dat na 4 jaren en 7 maanden opgegraven werd, was gemumificeerd; het tweede, dat 22 jaren na den dood onderzocht werd, was niet veel meer dan een geraamte. Ruime hoeveelheden arsenicum worden vermeld in Waarn. **26, 29, 33, 36, 37, 38, 56**.

De kortste tijd, tusschen het overlijden en het onderzoek verloopen, bedroeg 7 dagen (Waarn. **36** en **44**); het langste tijdsverloop na den dood was 22 jaren (Waarn. **49**).

De teekenen van ontbinding waren gering in twee gevallen (Waarn. **33** en **36**). Het eerste lijk was in het begin van December 1851 ter aarde besteld en op den 26sten Januari 1852 (na 52 dagen) opgegraven. De invloed van het jaargetijde op den gang der ontbinding is hier niet te miskennen. Dit geldt ook van het tweede geval, waar het lijk in de maand April, zeven dagen na den dood, onderzocht werd.

Sterke ontbinding zonder mumificatie werd in negen gevallen aangetroffen; in Waarn. **3** na 3 maanden, Waarn. **12** na 16 dagen, Waarn. **19** na 8 dagen, Waarn. **26** na 7 maanden, Waarn. **28** na 13 dagen, Waarn. **37** na 9 dagen, Waarn. **43** na 4 weken, Waarn. **44** na 7 dagen, Waarn. **58** na 13 dagen.

In dertien gevallen waren de weeke deelen geheel of bijna geheel verdwenen; in Waarn. **21** na 3 jaren en 10 maanden, in Waarn. **22** na 3 jaren en $9^1/_2$ maanden, in Waarn. **32** na 2 jaren en 3 maanden, in Waarn. **39** na 4 jaren, in Waarn. **59** reeds na 10 maanden. In de overige acht Waarnemingen **11** (15 jaren), **15** (7 jaren), **29** (10 jaren, 5 maanden), **34** ($6^1/_2$ jaren), **35** (8 jaren), **49** (22 jaren), **54** (14 jaren), **60** (meer dan 20 jaren) hadden de lijken langer dan zes jaren in het graf gelegen.

De overige 17 lijken vertoonden min of meer duidelijk en min of meer vol-

* Ik heb deze gevallen opgenomen, ofschoon het positieve bewijs van arsenicum-vergiftiging hier niet geleverd is. De Waarn. **1** en **2** konden niet achterwege blijven om hare gewichtige beteekenis in de geschiedenis der arsenicum-mumificatie. Voor de anderen maken de overige omstandigheden de vergiftiging zoo goed als zeker. In Waarn. **11** en **22** was bijna alleen het geraamte overgebleven, waardoor de kans om het arsenicum terug te vinden belangrijk verminderd was.

ledig teekenen van mumificatie. In Waarn. **13** werden reeds 3 maanden na den dood (het vroegst onder de medegedeelde gevallen) geringe sporen van mumificatie waargenomen. Zes jaren na den dood (Waarn. **46**) werden de huid van den buikwand, de dijen en kniegewrichten gemumificeerd gevonden. Van de overige lijken, die langer dan zes jaren begraven geweest waren, waren de weeke deelen geheel of bijna geheel vergaan.

Ik zal de waarnemingen, die op de mumificatie betrekking hebben, achtereenvolgens in het kort bespreken.

Waarn. **1**. Uit de onvolledige, hier en daar stellig onnauwkeurige beschrijving is op te maken, dat men hier te doen heeft gehad met mumificatie, vergezeld van adipocire-vorming. Bijzonderheden omtrent den toestand van de kist en de geaardheid van het kerkhof, welke beide op de ontbinding een belangrijken invloed uitoefenen, worden niet vermeld. De man was oud, sedert vele jaren ziekelijk en zwak, en het vermoeden ligt dus voor de hand, dat het lijk in zeer vermagerden toestand ter aarde besteld is.

Waarn. **2**. Omtrent den toestand van het lijk geldt hetzelfde als in de vorige Waarn. Ook hier ontbreken de bijzonderheden omtrent de kist en de begraafplaats. Het verdient vermelding, dat Mej. WITTEN op den 24sten Januari 1801, dus in het koude jaargetijde, overleden is.

Verder bestaat er in beide gevallen twijfel of hier inderdaad arsenicum toegediend is; het positieve bewijs althans is daarvoor niet geleverd.

Waarn. **4**. Bij zeer ver gevorderde ontbinding (na $5^1/_2$ maanden) der overige deelen van het lijk werd de buikwand lederachtig en hard, bruin als mahoniehout aangetroffen. Arsenicum werd niet in het lijk gevonden.

Waarn. **5**. Mumificatie van de huid van den romp; van de extremiteiten wordt niets vermeld. Het kerkhof was droog, de kist tamelijk goed bewaard.

Waarn. **6**. Bij de eerste opgraving (5 maanden na den dood) was de huid van borst- en buikwand gemumificeerd. Voor het overige was de ontbinding zeer ver gevorderd. De toestand van het onderste gedeelte van den buik en van de geslachtsdeelen is zonder twijfel het gevolg van de kort vóór den dood plaats gehad hebbende baring. Bij de tweede opgraving (7 maanden later) was de huid nog harder en waren ook de buikorganen opgedroogd. Omtrent de kist en de begraafplaats wordt niets vermeld.

Waarn. **13**. Het lijk was niet in eene kist, maar in een stevig lijkkleed begraven; het kerkhof bestond uit rood zand met weinig leem. De aarde rondom het lijk was geheel droog. De ontbinding van het lijk (na 3 maanden) was over het algemeen zeer ver gevorderd. De huid van den buikwand was in de

onderste lagen hard. De buikorganen, vooral het darmkanaal, waren buitengewoon goed bewaard gebleven.

Waarn. **14**. Het lijk was op dezelfde wijze en op hetzelfde kerkhof begraven als het vorige. Hier waren 9 maanden sedert den dood verloopen. De buikwand bood tamelijk veel weerstand bij het doorsnijden. De buikingewanden waren zeer goed bewaard. Overigens was de ontbinding zeer sterk.

Orfila * zocht de oorzaak van den goed bewaarden toestand der buikingewanden in den buikwand en wel voornamelijk in het buikvlies. Dit biedt lang weerstand aan de ontbinding, en daar het een geheel gesloten zak vormt, is de lucht geheel afgesloten zoolang het ongeschonden blijft. Het komt mij voor dat Orfila hier de beteekenis van het buikvlies overschat.

Waarn. **20**. Mumificatie van den romp; de kleederen zijn aan de bruine huid gekleefd. Omtrent het hoofd en de ledematen wordt niets medegedeeld. Buikingewanden, met uitzondering van de lever, niet meer te onderscheiden. Borstorganen niet te herkennen. De vrouw was in November 1833 gestorven. Het kerkhof was hoog gelegen, gewoonlijk zeer droog.

Waarn. **23**. Gedeeltelijke mumificatie van het aangezicht en den borstwand. De buikwand, door een wollen lap omgeven, is gemumificeerd. Een gedeelte der buikspieren, de buik- en borstingewanden zijn in lijkenvet omgezet. De kist is (na bijna $1^1/_2$ jaar) zoo goed als nieuw. Arsenicum werd niet in het lijk aangetoond.

Waarn. **25**. Bijna volledige mumificatie. De kist, waarvan de planken los waren, stond 4—5 voeten diep in een zeer vasten leembodem. De merkteekens van het hemd waren (na 4 jaren en 7 maanden) nog duidelijk te lezen. Arsenicum in geringe hoeveelheid aangetoond.

Waarn. **30**. Tamelijk volkomene mumificatie. De 62jarige man, potator, was den 6den December 1849 gestorven en den 8sten daaraanvolgende reeds begraven. Het lijk was met veel kleederen bedekt. Overblijfselen van maden of larven werden op het lijk niet gevonden.

Waarn. **38**. Het lijk van den aan den drank verslaafden 40—50jarigen man, werd 5 dagen na den dood onderzocht. Maag en darmen werden daarbij uit het lijk genomen. Negen maanden later was de ontbinding betrekkelijk weinig ge-

---

* *Traité des exhumations juridiques*, T. 2, p. 328.

vorderd. Mumificatie van de huid van het aangezicht en van den romp. Omtrent de ledematen wordt niets vermeld.

Waarn. **45**. Partieele mumificatie der huid van het borstbeen en van een gedeelte op de ribben. De buikwand is geheel gemumificeerd, de huid van den rechter voorarm eveneens. De weeke deelen der dijen en onderbeenen zijn geheel verdwenen. Rondom de kniegewrichten zijn de weeke deelen lederhard. De hand- en voetgewrichten zijn tamelijk ongedeerd. De kist was gaaf. Het glooiende kerkhof bestond uit roode grind, met groote en kleine steenen vermengd. Het graf bevond zich op het hoogste gedeelte van het kerkhof. De man was in December 1849 overleden; het lijk werd na 3 jaren en 5 maanden opgegraven.

Van overwegend gewicht zijn hierbij de contrôle-waarnemingen, waarvan KEBER in zijne mededeeling van dit geval gewag maakt. Op hetzelfde kerkhof, waar **45** begraven was, werd een ander lijk na $3^3/_4$ jaren opgegraven. Men vermoedde dat deze man eveneens door arsenicum vergiftigd was. Later bleek het dat hij aan de gevolgen eener apoplexie overleden was, terwijl in het lijk geen spoor van arsenicum aangetroffen werd. Dit lijk was ook voor een deel gemumificeerd en sommige organen waren beter bewaard dan bij **45**. KEBER spreekt nog van een derde lijk, dat, na $5^1/_2$ jaren opgegraven, grootendeels goed bewaard en gemumificeerd gevonden werd, terwijl geen spoor van arsenicum was aan te toonen.

Het ligt dus voor de hand dat de oorzaak van den goeden staat dier lijken in iets anders gezocht moet worden, dan in een bederfwerenden en mumificeerenden invloed van het arsenicum.

De gevallen van KELP (Waarn. **34** en **35**) kunnen hierbij eveneens in herinnering gebracht worden. Drie lijken (vader, moeder en dochter) lagen op hetzelfde kerkhof naast elkander. Het lijk van den vader en dat van de dochter bevatten arsenicum; dat van de moeder, bij wie geen spraak was van vergiftiging, niet. De drie lijken verkeerden nagenoeg in denzelfden toestand van ontbinding.

Ten slotte zij hier nog de waarneming van GAULKE vermeld (**39**), die een lijk zonder arsenicum 8 jaren na den dood beter geconserveerd vond dan een ander, dat na 4 jaren opgegraven werd en arsenicum bevatte.

Waarn. **46**. Partieele mumificatie. De huid van den buikwand en van de dijen is gemumificeerd. De kniegewrichten zijn volkomen bewaard. In buik- en borstholte is geen orgaan meer te herkennen. De kist was na 6 jaren geheel gaaf; zelfs de roode verf, waarmede zij bestreken was, was ongedeerd. Het kerkhof, uit vast leem, met weinig zand vermengd, bestaande, was geheel droog.

Waarn. **55**. Volkomen mumificatie van een kinderlijkje van 3 maanden. Het kind stierf den 1sten November 1871 en was vermoedelijk, door de slechte zorg der liederlijke moeder, zeer vermagerd. Het kistje lag in droog zand.

Waarn. **56**. Mumificatie van borst- en buikwand. Overigens zeer ver gevorderde ontbinding. De buik was door een breeden band van blauwe baai omgeven. De kist was gaaf. Het kerkhof, uit klei met zand bestaande, was zeer laag gelegen.

Waarn. **57**. Mumificatie van borst- en buikwand en dijen. Het lijk was van een mageren man afkomstig en verkeerde verder in een walgelijken staat van ontbinding. De gave kist stond 1.5 Meter diep in den grond, die uit zand bestond, met eenige kalk en ijzer vermengd. Het kerkhof was hoog gelegen.

In het laatste Hoofdstuk zullen de oorzaken besproken worden, waardoor de snelheid en de wijze van ontbinding der lijken in het algemeen bepaald worden. Op enkele punten wensch ik echter reeds hier de aandacht te vestigen, en wel in de eerste plaats op het betrekkelijk veelvuldig voorkomen van mumificatie van den buikwand.

De buikwand alleen was gemumificeerd in Waarn. **4**, **13** en **14**. Ik merk hierbij evenwel op, dat in de beide laatste gevallen de mumificatie van den buikwand minder duidelijk was en dat zij meer de aandacht verdienen door den toestand der buikorganen, welke zeer goed bewaard gevonden werden.

Mumificatie van den buikwand, verbonden met die van den borstwand, werd eveneens in drie gevallen aangetroffen (Waarn. **6**, **56** en **57**).

Hierbij voegde zich mumificatie van het aangezicht (Waarn. **23** en **38**), van de huid van den rechter voorarm en rondom de knie-, hand- en voetgewrichten (Waarn. **45**). In Waarn. **46** was de huid van den buikwand, van de dijen en rondom de knieën gemumificeerd.

Meer volledige mumificatie van het geheele lijk, althans van de huid, werd gevonden in zeven gevallen (Waarn. **1**, **2**, **5** (van de extremiteiten wordt niets vermeld), **20** (hoofd en ledematen niet aanwezig), **25**, **30**, **55**).

In de tweede plaats verdient de toestand der hersenen, zoo als die in drie gevallen gezien werd, de aandacht. DIEU (Waarn. **32**) vond na 2 jaren en 3 maanden in een lijk, waarvan bijna alle weeke deelen verdwenen waren, de hersenen in volumen verminderd, doch harder van consistentie dan in verschen toestand. STEINHÄUSER (Waarn. **49**) trof de hersenen na 22 jaren tamelijk goed bewaard aan en BARDY-DELISLE (Waarn. **59**) zag in een lijk, dat na 10 maanden bijna geheel tot een geraamte vergaan was, de hersenen goed bewaard en hard alsof zij met salpeterzuur behandeld waren.

Ook elders worden voorbeelden vermeld van hersenen, die na zeer langen tijd veel beter bewaard waren dan men met het oog op de samenstelling en den waterrijkdom dier organen verwachten zou. KRAHMER * deelt mede dat zich in de verzameling van WELCKER te Halle een schedel bevindt, die nog hersenzelfstandigheid bevat en waarvan de ouderdom op ongeveer 400 jaren geschat wordt. De wijze, waarop de hersenen in de schedelholte besloten zijn, mag hierbij niet uit het oog verloren worden †.

---

* KRAHMER, *Handbuch der Staats-Arzneikunde.* 3ter Theil, Halle a/S. 1879. S. 260.

† Men zie hierover verder: SCHWANDLER, *Würtemb. Correspondenzblatt,* XXXI, 1861, S. 38; MOSER, *Eine Zusammenstellung der Befunde an* 45 *exhumirten Leichen auf dem Friedhofe zu Hohenwart im Jahre* 1864 in: *Aerztliches Intelligenzblatt,* 1866, S. 50; KIENE, *Beobachtungen über die Sättigang der Kirchhofserde* in: EULENBERG's *Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medizin und öffentliches Samitätswesen,* N. F. Bd. 23. S. 343.

III. Eigene waarnemingen.

Het getal onzer eigene waarnemingen bedraagt achttien; zestien daarvan hebben betrekking op de zaak van Vrouw van der Linden. Later werd ons het onderzoek opgedragen van twee vrouwenlijken, welke wegens vermoeden van vergiftiging opgegraven waren, het eerste 48 dagen, het tweede 2 jaren na den dood. In geen dier beide lijken werd arsenicum of een ander vergift gevonden. Ik heb evenwel gemeend deze waarnemingen niet achterwege te moeten houden. Het eerste lijk was belangrijk om den ver gevorderden graad van ontbinding, waarin het reeds zoo kort na den dood verkeerde; het tweede levert door den toestand van mumificatie, waarin wij het lijk vonden, eene zeer belangrijke bijdrage voor ons onderwerp.

De eerste drie lijken werden kort na den dood onderzocht. Het onderzoek der 13 volgenden geschiedde op zeer verschillenden tijd na den dood. Het kortste tijdsverloop na den dood was 20 dagen (Waarn. IV); het langste bijna 3 jaren (Waarn. XII).

Ik laat hier eerst de waarnemingen volgen, die ik eveneens in een tabellarisch overzicht bijeengebracht heb. Door de welwillendheid van mijnen hooggeachten ambtgenoot Dr. E. A. van der Burg, aan wien het scheikundig onderzoek der door ons afgezonderde organen opgedragen werd, ben ik in staat gesteld de hoofdresultaten van dat onderzoek mede te deelen; ik heb die aan het einde van elke waarneming geplaatst. Vermoedelijk zal de Heer van der Burg later daaromtrent meer uitvoerige mededeelingen doen.

A 8

Tabellarisch Overzicht van 1[illegible]

Volg-nommer.	Naam.	Geslacht.	Dagteekening van de geboorte.	Dagteekening van het overlijden.	Dagteekening van het onderzoek.
I.	Maria van der Linden, huisvrouw van Hendrik Frankhuizen (III), schoonzuster van de veroordeelde.	Vr.	16 Juni 1840.	13 December 1883, des voormiddags te 5½ uren.	15 December 1883, [illegible] voormiddags te 10 u[illegible]
II.	Hendrik Frankhuizen, zoon van I en III.	M.	13 April 1883.	14 December 1883, des voormiddags te 3 uren.	15 December 1883, [illegible] namiddags te 2 uren.
III.	Hendrik Frankhuizen, weduwnaar van I, vader van II.	M.	26 Januari 1848.	19 December 1883, des namiddags te 11¼ uren.	20 December 1883, [illegible] namiddags te 2 uren.
IV.	Susanna Aben.	Vr.	27 November 1878.	1 December 1883.	21 December 1883, [illegible] voormiddags te 9½ u[illegible]
V.	Catharina Maria Aben (zuster van IV).	Vr.	25 October 1882.	22 November 1883.	21 December 1883, [illegible] namiddags te 2 uren.

...rene Waarnemingen.

Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
...tleedkundig onderzoek. Sterke lijkverstijving aan de onderste lede-...; deze is veel geringer aan de bovenste ledematen en ontbreekt aan den ...r arm bijna geheel. Uitgebreide doodvlekken aan de rugvlakte van den ... Huid van den buik hier en daar groenachtig gekleurd. De linker borst-...is veel grooter dan de rechter. Lippen rood gekleurd. Teekenen van ont-...g in de maag, het duodenum en een gedeelte van den kronkeldarm. Vet-...ding der lever. Lichte ontsteking van de epiglottis en de ligamenta ...iglottica. Kleine ecchymosen onder het endocardium. ...eikundig onderzoek. Arsenicum aangetoond in de lever, in de linker ...lier en in den inhoud van maag, duodenum en dunne darmen. In de lever ...is zooveel arsenicum aanwezig als overeenkomt met 0.1236 gram arsenigzuur.	Daar de vrouw haar kind (Waarn. III) zoogde werd de linker borstklier tot scheikundig onderzoek van het lijk genomen.
...tleedkundig onderzoek. Geringe lijkverstijving alleen aan de onderste ...aten. Uitgebreide doodvlekken aan de achtervlakte van den romp en de ...aten. Geen teekenen van ontbinding. Omschrevene, roode plek in de maag. ...teriaalklieren zeer groot. Enkele Peyersche klieren rood en gezwollen. ...ies der dikke darmen over eene aanzienlijke uitgebreidheid rood en ge-...n. Vetontaarding der lever. ...eikundig onderzoek. Arsenicum in geringe hoeveelheid in den maag-..., nog minder in den inhoud der darmen. In de lever (gewicht 310 ...en) is zooveel arsenicum aanwezig als beantwoordt aan 0,0165 gram ...zuur.	
...leedkundig onderzoek. Zeer sterke lijkverstijving. Uitgebreide dood-...n aan de rugvlakte van het geheele lichaam. Teekenen van ontbinding ...ken. Bijna het geheele spijsverteringskanaal vertoont teekenen van zeer ... ontsteking. Vetontaarding van de lever, de nieren, het hart en van het ...ium der maagklieren. Croupeuse ontsteking van strottenhoofd, luchtpijp ...er luchtpijpstak. Pleuritis rechts. ...eikundig onderzoek. Arsenicum aangetoond in de lever, de nieren, ...oud van dunne en dikke darmen. In de lever alleen is eene hoeveelheid ...m gevonden, gelijk staande met 0,05211 gram arsenigzuur.	Het vergift was den 8sten December, des avonds, gebruikt; de man leefde dus nog 11 dagen daarna.
...leedkundig onderzoek. Eigenaardig muffe reuk bij het openen der ...eringe lijkverstijving aan de onderste ledematen. Oogen diep ingevallen. ...l van den buik en ook op verschillende andere plaatsen groen gekleurd. ...an rug en lendenen blauwachtig rood, van de billen rood. Aan de palm-...der handen en aan de zoolvlakte der voeten is de huid gerimpeld. Eene ... witte schimmellaag bedekt de binnen- en voorvlakte der dijen; de om-...van mond- en neusopening wordt ook door eene dergelijke, doch dikkere ...dekt. Hersenmassa week. Maagslijmvlies hier en daar roodachtig gekleurd. ...es van dunne en dikke darmen op sommige plaatsen gezwollen. Solitaire ... op de gezwollen plaatsen duidelijker dan elders. Enkele Peyersche ...rood en gezwollen. Mesenteriaalklieren groot. ...ikundig onderzoek. Arsenicum aangetoond in de lever, de nieren, ...oud van maag en darmen. De hoeveelheid arsenicum, in de lever gevon-...ntwoordt aan 0.01 gram arsenigzuur.	
...eedkundig onderzoek. Kelderachtige, muffe lucht bij het openen ... Geen lijkverstijving. De huid van den hals en van bijna de geheele ...te van den romp is groen gekleurd. Onder aan den rug is een gedeelte ... huid, ter grootte van een handpalm, van opperhuid ontdaan en met	

Volg-nommer.	Naam.	Geslacht.	Dagteekening van de geboorte.	Dagteekening van het overlijden.	Dagteekening van het onderzoek.
VI.	Arend de Hees, (neef van de veroordeelde, zoon van VII, broeder van VIII).	M.	26 Juni 1860.	1 November 1881.	27 December 1883 voormiddags te 9½
VII.	Cornelia van der Linden, weduwe van Petrus Jacobus de Hees (schoonzuster van de veroordeelde, moeder van VI en VIII).	Vr.	8 Maart 1835.	30 Mei 1881.	27 December 1883 namiddags te 1½ u

Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
aantal maden bedekt. Eene dunne, witte schimmellaag bedekt de boven- en nvlakte der onderste ledematen. In de liesplooien en in de geslachtsope- wordt een aantal maden gezien. De huid aan de palmvlakte der handen an de zoolvlakte der voeten is wit, als opgeweekt en gerimpeld. De oog- zijn diep ingezonken. De huid der wangen is geel, hard op het aanvoelen; aatste wordt ook aan de huid der ledematen opgemerkt. Hersenen zeer hier en daar wankleurig. Maden zijn in den slokdarm tot dicht bij de doorgedrongen. Enkele darmlussen, dicht bij den buikwand gelegen, zijn gekleurd. In de dikke darmen zijn enkele follikels duidelijk gezwollen. n worden tot in de bronchiaalvertakkingen van de 2e orde aangetroffen. ktase van een groot gedeelte van de beneden-achterste kwab der rechter long. heikundig onderzoek. Arsenicum gevonden in de lever, de nieren, nhoud van maag en darmen. Berekend als arsenigzuur komt op de geheele (gewicht 317 grammen) 0.0086 gram.	
tleedkundig onderzoek. Walgelijke rioolstank gedurende het onder- Een gedeelte der weeke deelen van het aangezicht ontbreekt. De huid et overblijvende gedeelte is hard, doch gemakkelijk te snijden. Borst- en olte zijn nog gesloten, doch sterk ingevallen, vooral de laatste. De huid, l van den buikwand, is hard, gemakkelijk te snijden; de kleur is lichtbruin. veeke deelen der bovenste ledematen zijn verdwenen. De huid der dijen die van den buikwand. De spieren vormen eene weeke, wankleurige . De weeke deelen van het linker onderbeen zijn verdwenen. Aan het r onderbeen zijn zij nog voor een deel aanwezig; de huid is daar ook De hersenen vormen eene walgelijk riekende massa. Van de hersenvlie- s niets meer te zien. Weeke deelen der mondholte, van hals en nek ont- n. Van de borstorganen is niets meer te herkennen. De lever en enkele ussen zijn nog te onderscheiden. Op de plaats der nieren ligt eene vuil massa. Van maag en milt is niets te vinden. eikundig onderzoek. Arsenicum aangetoond veel in de lever, de n, de nieren, weinig in de hersenen, het hoofdhaar en het vocht in de In de darmen en nieren (gezamenlijk gewicht 1120 grammen) is zooveel cum aanwezig als overeenkomt met 0,1074 gram arsenigzuur.	Het lijk was niet te herkennen. De gave kist is aan de binnenvlakte der opstaande wanden geheel blauwzwart. Op den bodem bevindt zich eene massa dun zwart vocht, dat een walgelijken, rioolachtigen reuk verspreidt, ter hoogte van 8 cm. Bij het opgraven der kist had men, wegens de zwaarte, reeds een aanzienlijk gedeelte van het vocht uit de kist verwijderd. Het lijk was alleen bedekt met een stuk bijna geheel vergaan doek, dat zich van ongeveer het midden van de voorvlakte van den romp tot op de helft der dijen uitstrekte.
tleedkundig onderzoek. Het behaarde hoofd is door eene dikke, schimmellaag als met eene muts bedekt. De huid van het aangezicht is uin, door eene glibberige massa bedekt. De top van den neus ontbreekt. ogleden zijn diep ingezonken. Lijkenvet onder de huid der wangen en in gkuilen, welke daarmede gevuld zijn. Weeke deelen van hals en nek geheel verdwenen. Lichaamsholten gesloten. Huid van borst en buik uin, glibberig, week. Buik sterk ingezakt. De huid van de op de navel- rustende linkerhand is donkerbruin, droog en hard. De ontbinding van eheelen rechterarm is ver gevorderd. De onderste ledematen zijn in ver- g met den romp en hebben hun vorm behouden. De hersenen zijn in rijze, papachtige massa veranderd. De tong doet zich als eene brijachtig massa voor. Longen te onderscheiden. Van het hart wordt nog een waarschijnlijk van de linkerkamer, gevonden. Lever te onderscheiden. en milt niet te vinden. Op de plaats der nieren ligt eene walgelijk stin- massa. Enkele darmlussen zijn nog te herkennen In den omtrek der r lendenspier en op een aantal andere plaatsen veel lijkenvet. eikundig onderzoek. Uit de lever en hare omgeving (gewicht 692 en) is zooveel arsenicum afgezonderd als beantwoordt aan 0,239 gram zuur. overige organen zijn niet onderzocht.	Het lijk is door een zoon herkend. De kist is gaaf, de binnenvlakte bruinachtig, glibberig. Het lijk is bedekt met eene grootendeels vergane lijkwade, waaronder een hemd, eveneens bijna verteerd. De lijkwade is op een aantal plaatsen bedekt met witte, meestal ronde schimmelvlekken van verschillende grootte.

Volg-nommer.	Naam.	Geslacht.	Dagteekening van		
			de geboorte.	het overlijden.	het onderzoek.
VIII.	Willem de Hees, (neef van de veroordeelde, zoon van VII, broeder van VI).	M.	16 Juli 1863.	15 Juli 1881.	28 December 1883, d voormiddags te 9 uren
IX.	Johanna Maria Oosterbrug, huisvrouw van Dirk van der Linden (behuwdtante van de veroordeelde).	Vr.	7 Juni 1817.	28 Juli 1882.	3 Januari 1884, des vo middags te 9 uren.
X.	Willem Fuchs, weduwnaar van Hester Bekooy.	M.	11 Mei 1817.	16 Februari 1882.	3 Januari 1884, des middags te 1½ uren.
XI.	Abraham Fuchs, zoon van X.	M.	14 Maart 1853.	6 April 1882.	4 Januari 1884, des vo middags te 9 uren.

Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
Ontleedkundig onderzoek. Van de lijkwade zijn slechts sporen over-ebleven. Enkele stukken van het hemd zijn nog vrij goed bewaard. De weeke een zijn bijna geheel verdwenen. Aan de heup- en kniegewrichten zijn nog overblijfselen der banden zichtbaar. De lever vormt een droge, donkergrijze massa met eene zeer oneffene oppervlakte en heeft een gewicht van ongeveer 50 grammen. Scheikundig onderzoek. Uit de lever en hare omgeving (gewicht 158 grammen) is zooveel arsenicum afgezonderd als beantwoordt aan 0,01257 gram arsenigzuur. Verder is niets onderzocht.	De binnenvlakte der kist was droog, zwartachtig van kleur. De bodem was bedekt met eene droge, brokkelige, zwartachtige massa. De vorm der bekkenbeenderen liet omtrent het geslacht van het lijk geen twijfel over. Daaruit en uit de verhouding der synchondrosis spheno-occipitalis, der tanden en van verschillende pijpbeenderen hebben wij afgeleid dat het lijk afkomstig was van een jongeling van omstreeks 18 jaren. Wij hebben de oorzaak van het bijna geheel verdwenen zijn der weeke deelen meenen te vinden in den hoogen graad van ontbinding, waarin het lijk vermoedelijk bij de ter aarde bestelling verkeerd heeft, ten gevolge der hooge temperatuur, die destijds te Leiden heerschte.
Ontleedkundig onderzoek. Weinig stank. De lijkwade en de kleedingstukken zijn grootendeels vergaan; de eerste vertoont schimmelvlekken van verschillende grootte. Voorhoofd en hoofdhaar zijn met eene witte schimmelkorst bedekt. Op de huid van het gelaat bevindt zich eene vuile, zwartbruine, weeke laag; daaronder is de huid tamelijk hard. Oogleden diep ingevallen. Oorschelpen en top van den neus verdwenen. Neusbeenderen ontbloot. Lichaamsholten gesloten. Buikwand diep ingezonken. Huid van den romp witachtig, hier en daar meer bruin van kleur. Het harde hersenvlies is in zijn geheel aanwezig. Ook de hersenwindingen zijn nog te zien. Grijze en witte stof zijn nog van elkander te onderscheiden. Uiterst walgelijke stank der hersenen. De fossae spheno-maxillares zijn met lijkenvet gevuld. Weeke deelen van mond en hals grootendeels vergaan. Een eigenaardig zure reuk, als van melkzuur, wordt bij het openen der droge borstholte waargenomen. Longen sterk samengevallen naast de wervelkolom. De verschillende afdeelingen van het hart en de klapvliezen vertoonen geen afwijkingen. De binnenvlakte der aorta is glad. Van den slokdarm is niets te zien. Buikorganen behoorlijk van elkander te onderscheiden. Baarmoeder, eierstokken en blaas zijn niet meer te herkennen. Scheikundig onderzoek. In 100 grammen der lever wordt slechts een spoor van arsenicum geconstateerd; de overige organen zijn niet onderzocht.	Het lijk is door den man herkend. De binnenvlakte der kist was vochtig.
Ontleedkundig onderzoek. Walgelijke rioolstank. Het lijk is alleen bekleed met een hemd, dat bijna verteerd is. Een gedeelte der huid van het behaarde hoofd is verdwenen. De linker oorschelp is nog aanwezig, de rechter ontbreekt. Oogleden diep ingevallen. De weeke deelen van den neus zijn verteerd. De geelgrijze, weeke huid van het aangezicht is met eene glibberige laag bedekt. De huid van den romp is lichtbruin. De weeke deelen der ledematen zijn voor een deel vergaan. De fossae spheno-maxillares zijn met lijkenvet gevuld. Hersenen als een vuilgrijze, erg stinkende massa in het harde hersenvlies besloten. Van de weeke deelen der mondholte en van den hals is niets meer over en te herkennen. Longen donkerblauw, brijachtig. Aan het hart zijn de musculi papillares, chordae tendineae en klapvliezen te onderscheiden. Aorta glad aan de binnenvlakte. Slokdarm en maag verdwenen. Lever en enkele darmlussen goed te onderscheiden. Scheikundig onderzoek. Berekend als arsenigzuur wordt uit de geheele lever (gewicht 512 grammen) afgezonderd 0.04534 gram. De overige organen niet onderzocht.	Aan de opstaande wanden der kist waren nog sporen eener bekleeding met doek zichtbaar. Aan de beide zijden zijn deze wanden over eene groote uitgestrektheid met eene witte schimmellaag bedekt. Op den bodem der kist stond eene 12 cm. hooge laag van een dun, zwartachtig vocht, dat een uiterst walgelijken rioolstank verspreidde. Het lijk, voor een groot deel in deze vochtmassa liggende, kon niet meer herkend worden.
Ontleedkundig onderzoek. De huid van het voorhoofd en het aangezicht is vrij droog. Oogleden diep ingezonken. Weeke deelen van den neus	Het lijk is herkend. Het bekleedsel van de opstaande wanden der tamelijk droge kist is groo-

Volg-nommer.	Naam.	Geslacht.	Dagteekening van de geboorte.	Dagteekening van het overlijden.	Dagteekening van het onderzoek.
XII.	Lambertus van der Linden, weduwnaar van Maria van der Mark (zwager van de veroordeelde).	M.	15 Juni 1831.	17 Februari 1881.	4 Januari 1884, des middags te 1½ uren.
XIII.	Petronella Johanna Swanenburg, weduwe van Johannes Lepelaar (XIV), (zuster van de veroordeelde).	Vr.	30 Juni 1848.	23 Mei 1883.	10 Januari 1884 des middags te 9 uren.

Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
echter oorschelp verdwenen. De huid aan de voorvlakte van den romp is g, op den buik bruinachtig zwart, op de borst iets lichter van tint, week iet doorsnijden. Borst- en buikholte gesloten. De vetlaag onder de huid ering. De ledematen verkeeren in ver gevorderden staat van ontbinding, eeke deelen zijn voor een aanzienlijk deel verdwenen. De hersenen vormen uiterst walgelijke, grijze, modderachtige massa, welke een ondraaglijken verspreidt. Van de weeke deelen in de mond- en keelholte en aan den is niets te herkennen. Longen door adhaesiën met den borstwand verbonden, l rechts. Het hart is klein. Aan geen der klapvliezen is iets afwijkends ten. Aorta glad aan de binnenvlakte. Maag vrij goed bewaard, niet van ilt te scheiden. Lever, darmen en nieren goed te onderscheiden. Pancreas aas niet te vinden. heikundig onderzoek. Berekend als arsenigzuur wordt uit de geheele (gewicht 582 grammen) afgezonderd 0.075 gram. De overige organen niet onderzocht.	tendeels ongeschonden evenals de lijkwade, het hemd en de slaapmuts.
tleedkundig onderzoek. De huid van het gelaat is donkerbruin, erig; op de jukbeenderen is zij lichter getint en met witte schimmelvlekken t. De oogleden zijn weinig ingevallen, de weeke deelen van den neus en aker oorschelp geheel verdwenen. De lippen zijn dun, als verdroogd. De van den hals (voor zoover aanwezig) en van den romp is bruin, vochtig. borstholte is rechts geopend. De buik is sterk ingevallen en de huid is beide zijden langs den darmbeenskam doorgescheurd. De buikwand scheurt kkelijk in. De ontbinding der bovenste extremiteiten is ver gevorderd. narmen en voorarmen zijn grootendeels van de weeke deelen ontdaan. De hand ligt met de palmvlakte op de bovenbuikstreek. De huid is aan de akte (ook der eerste kootjes) droog en hard. Aan de palmvlakte is de voor zoover aanwezig, week. De kleine spieren van den duim zijn groo-els verdwenen. Aan de voor- en binnenvlakte der dijen wordt veel lijken-ezien. De spieren der onderbeenen zijn bijna geheel verteerd. Oogkuilen ssae spheno-maxillares met lijkenvet gevuld. De hersenen verspreiden een t walgelijken reuk. Van de weeke deelen van mond- en keelholte en van hals is niets meer te herkennen. De longen liggen als een donkerblauwe, brijachtige massa naast de wervelkolom. Van het hart is nog een stuk den wand eener kamer, waarschijnlijk de linker, te herkennen. Het dia-ma is verdwenen. Lever zeer klein. Van de overige buikorganen zijn s enkele darmlussen te onderscheiden. eikundig onderzoek. Uit de lever en een aanhangend stuk long nenlijk gewicht 395 grammen) wordt zooveel arsenicum afgescheiden als nkomt met 0.0255 gram arsenigzuur. De overige organen zijn niet onder-	De bekleeding van de opstaande wanden der kist is deels verteerd, deels met bruinachtige vlekken van verschillende grootte bezet. Op den bodem der kist is eene laag ter dikte van ongeveer 3 mm. van eene dunne, glibberige, lichtbruinroode stof. Het lijk is van den hals af bedekt met eene lijkwade, die onder de knieën grootendeels vergaan is. Onder deze wade bevindt zich een vrij goed bewaard hemd.
Ontleedkundig onderzoek. Op het voorhoofd, langs het haar en boven et hoofd zijn witte schimmelvlekken. De huid van het aangezicht is vuil-, glibberig. De oogleden zijn diep ingezonken. De huid van den hals, romp en de extremiteiten is bruin, aan de binnenvlakte der dijen blauw-. Buik- en borstholte zijn gesloten. De buikwand is sterk ingevallen. pieren der ledematen zijn duidelijk te onderscheiden, rood of licht bruin-van kleur. De huid van het behaarde hoofd laat gemakkelijk los. Het hersenvlies is weinig veranderd. De vuilgrijze hersenmassa is rechts vaster nks en heeft een sterk bedorven reuk. De weeke deelen van mond- en lte en van den hals zijn goed te onderscheiden. De rechter long is aan op met den borstwand vergroeid. De donkergekleurde longen vormen zwarte, modderachtige massa. Het hart is goed bewaard gebleven. De	Het lijk is door verscheidene familieleden herkend. De kist is van binnen vrij droog. Het bekleedsel van de opstaande wanden is grootendeels ongeschonden. Eene dunne lijkwade bedekt het lijk van den hals tot op de voeten; zij vertoont hier en daar witte schimmelvlekken. Verder bevinden zich aan het lijk eene muts, een katoenen hemd, hier en daar beschimmeld, en kousen tot boven de knieën. Een roode streep is aan het boveneinde der kousen zichtbaar. Op een bij de rechter kous liggend papiertje zijn enkele met potlood geschreven cijfers nog zeer goed te lezen.

Volg-nommer.	Naam.	Geslacht.	Dagteekening van de geboorte.	Dagteekening van het overlijden.	Dagteekening van het onderzoek.
XIV.	Johannes Lepelaar, gehuwd met XIII (zwager van de veroordeelde).	M.	16 Maart 1851.	20 Februari 1883.	10 Januari 1884, des middags te 1½ uren.
XV.	Clement Swanenburg, weduwnaar van XVI (vader van de veroordeelde).	M.	26 Juli 1810.	30 Juni 1882.	11 Januari 1884, des middags te 9 uren.

Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
..vlakte der aorta is glad. De slokdarm is duidelijk te onderscheiden. .. darmen, lever, pancreas en nieren zijn aanwezig. Van de laatsten zijn .. pyramiden en merg- en bastzelfstandigheid goed te herkennen. De blaas ..tig met gas gevuld. De baarmoeder vormt eene vuile, wankleurige massa. ..e eierstokken is niets te vinden.	
..eikundig onderzoek. Uit de geheele lever (gewicht 706 grammen) .. ene hoeveelheid arsenicum afgescheiden worden, overeenkomende met 0.074 .. arsenigzuur. De overige organen zijn niet onderzocht.	
..tleedkundig onderzoek. De huid van het voorhoofd is bruin, glib-.. Beide oorschelpen zijn aanwezig. De neusbeenderen liggen bloot. De ..n den neus is week, afgezakt. Het hoofdhaar is vochtig. De huid van het ..ofd en van het aangezicht is bruin, glibberig; op elke wang ziet men een .. getinte vlek. De huid van den hals en van den romp is bruin en hard; ..ft de meeste overeenkomst met die van gerookte ham. De lichaamsholten ..esloten. De buik is sterk ingevallen. De penis is plat, zwart, ineenge-..d. Aan den rechter bovenarm is de huid aan de bovenvlakte donkerbruin, ..ls leder. Aan de benedenvlakte is de huid week, witachtig. De spieren ..eek, bleek, niet duidelijk te herkennen. De huid van den voorarm en .. hand is eveneens donkerbruin en lederachtig; de spieren zijn lichtbruin ..rd. De nagels zitten nog vast. De huid van den linker bovenarm is .. bovenvlakte eveneens donkerbruin en taai. De spieren zijn bruin. Aan ..dervlakte is de huid witachtig, zeer goed bewaard als kort na den dood. ..orarm heeft aan de bovenvlakte eene bruine, zeer taaie huid; aan de onder-.. is de huid gedeeltelijk weg. De spieren zijn half vergaan. De nagels ..nog vast. Beide handen liggen in de liesplooien. De dijen liggen tegen ..er. De huid der onderste ledematen is lederhard, bruinrood met zwarte ..; de vetlaag onder de huid heeft eene dikte van ongeveer 1 cm. De ..atuur is krachtig. De spieren zijn week, roodachtig bruin. Bij het door-.. vloeit uit de groote vaten eene dunne, bloederige vloeistof. De huid ..eten is eveneens bruin en taai; de nagels zitten nog vast. Het harde ..lies is in zijn geheel aanwezig. De hersenen vormen eene donkergrijze, ..leiachtige massa, die een onbeschrijfelijk walgelijken stank verspreidt. ..eke deelen van mond- en keelholte en van den hals zijn bijna allen goed ..erscheiden. Longen donkerblauw, samengevallen, hier en daar met adhae-.. slijmvlies van luchtpijp en luchtpijpstakken droog, donkerbruin gekleurd. ..lein, holten en klapvliezen normaal, de binnenvlakte der aorta eveneens. ..es van den slokdarm leiachtig blauw, met eene vuilgrijze, dunne, slijmerige ..dekt. Diaphragma ongedeerd. De huid van den buikwand is taai als ..de spieren zijn bleekbruin van kleur; het buikvlies is matwit. Maag ..onder inhoud, slijmvlies leiachtig blauw, hier en daar met plooien. De .. zijn plat; de verschillende afdeelingen zijn moeielijk van elkander te ... Veel vet in het groote net en in de appendices epiploïcae. Lever ..w. Milt zeer klein, ineengeschrompeld. Pancreas niet met zekerheid ..ennen De nieren bestaan uit eene vuil grijze, weeke massa. De blaas	Het lijk is door familie-leden herkend. De kist is vochtig; het bekleedsel is bruingrijs, met donkere vlekken bezaaid. Een katoenen lijkwade, met groote bruine vlekken, bedekt het lijk van den hals af. Daaronder bevindt zich een katoenen hemd, dat grootendeels aan de voorvlakte van den romp is vastgekleefd en bruine vlekken van verschillende grootte vertoont.
..ikundig onderzoek. In de lever (gewicht 694 grammen) is zooveel ..m bevat als overeenkomt met 0.032 gram arsenigzuur. De overige orga-.. niet onderzocht.	
..eedkundig onderzoek. De huid van het voorhoofd en van het aan-.. is vochtig, licht grijs, hier en daar geelachtig getint met enkele witte .. Oogleden niet ingezonken. De huid van den hals is licht geel; aan ..lakte van den romp is de tint meer licht grijs. De lichaamsholten zijn	Het lijk is door twee zonen van den overledene herkend. De kist is vochtig; op den bodem staat eene laag zwart, dun vocht, ter hoogte van 3.5 cm. Het bekleedsel der kist is aan het

Volg-nommer.	Naam.	Geslacht.	Dagteekening van		
			de geboorte.	het overlijden.	het onderzoek.
XVI.	Johanna Dingjan, huisvrouw van XV (moeder van de veroordeelde).	Vr.	5 April 1810.	16 April 1882.	11 Januari 1884, des middags te 1¼ uren.
XVII.		Vr.			

Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
ten; de buikwand is weinig ingezakt. De huid der ledematen is bleek en . De spieren zijn week, lichtrood en bruingeel van kleur. Aan de han- laat de opperhuid in groote lappen los; de nagels zijn meerendeels los of allen. De scheenbeenderen zijn grootendeels van huid ontdaan. De nagels eenen zijn meest los. Het harde hersenvlies heeft eene matwitte kleur. ersenen zijn zeer week, walgelijk stinkend; aan de oppervlakte is de kleur rijs. De witte zelfstandigheid is normaal van kleur. De weeke deelen mond- en keelholte en van den hals zijn goed bewaard; de slijmvliezen bleek. Longen zeer week, bijna zwart, sterk samengevallen, hier en daar den borstwand vergroeid. Groote ontbindingsblazen aan de oppervlakte. vlies der luchtpijp bleek, dat harer takken modderachtig zwart. Hartspier bruinachtig. Klapvliezen zonder afwijkingen. Kalkplaten in den boog en borstgedeelte der aorta. Slijmvlies van den slokdarm glad, donker. Mid- ongedeerd. Huid van den buikwand week, spieren goed bewaard, buik- matwit, de buikholte droog. Buikorganen goed bewaard met uitzondering et pancreas, dat niet te vinden is. ...eikundig onderzoek. In 150 grammen der lever (totaal gewicht rammen) en in den inhoud der maag kan geen arsenicum ontdekt worden. erige organen zijn niet onderzocht.	voeteneinde verteerd; het overblijvende is met zwarte vlekken bezaaid. Eene dunne lijkwade strekt zich van den hals tot beneden de knieën uit. Het lagere gedeelte en ook dat tusschen de dijen is grootendeels verteerd. Onder de lijkwade komt een hemd te voorschijn. Van de kousen zijn nog stukken over. De man was des morgens te 8½ uren nog op de straat geweest en overleed te 11 uren des voormiddags na het eten van een broodje. De inhoud van de maag bestond uit eene grijsachtige, homogeen brijachtige massa, die een geheel versch voorkomen had.
...tleedkundig onderzoek. De huid van het voorhoofd en van het aange- is week, vuilgrijs met groenachtig getinte vlekken. De wankleurige tong uit den mond. De huid van den hals en van de borst is bleek geel, die n buik meer geel. Borst- en buikholte gesloten. Buik diep ingezonken. id der armen is bleek, taai, lederachtig. De spieren zijn lichtrood, tame- st. De nagels der vingers zijn bijna allen afgevallen. De huid der dijen ek, taai; de kuiten zijn dik, de huid is zwart en hard. De spieren zijn od. De nagels der teenen zijn afgevallen. Het harde hersenvlies is stevig. rsenen zijn week, walgelijk stinkend, roodgrijs van kleur. De weeke deelen d- en keelholte zijn goed bewaard. Het slijmvlies van den slokdarm (ook borstholte) is glad, vuilzwart, hier en daar roodachtig; dat van het strot- fd en de luchtpijp is donkergrijs, over het geheel droog. Bij het openen rstholte verspreidt zich een eigenaardig zure reuk als van melkzuur. Lon- achtig blauw met groote ontbindingsblazen. Slijmvlies der luchtpijp bleek, rer takken hier en daar bruin. Hartspier bruinachtig rood, klapvliezen afwijkingen. Aorta glad aan de binnenvlakte. Diaphragma ongedeerd. d van den buikwand is vast, de spieren lichtbruin, het buikvlies matwit, holte droog. De maag is langs de groote bocht geopend, doch overigens ewaard. Dit laatste geldt ook van de andere buikorganen met uitzonde- n het pancreas en de eierstokken, van welke deelen niets te vinden is. ...ikundig onderzoek. In 100 grammen der lever (totaalgewicht ammen) is geen arsenicum te ontdekken. De overige organen zijn niet cht.	Het lijk is door twee zonen der overledene herkend. Het bekleedsel der kist is vochtig met zwarte vlekken. De dunne lijkwade, van den hals tot de voeten reikende, is vochtig, hier en daar met vuilbruine en blauwzwarte vlekken. Onder de wade bevindt zich een katoenen hemd, op het hoofd een katoenen muts. De vrouw was, op een stoel zittende, plotseling dood gebleven.
...eedkundig onderzoek. Het lijk verspreidt een walgelijken, zoet- reuk. Het hoofdhaar is vochtig, de behaarde huid laat zeer gemakkelijk e huid van het voorhoofd in de buurt van het haar is bruin, droog. is de huid van het voorhoofd en van het aangezicht vochtig en glibberig, p enkele plaatsen roodachtig. Oogleden diep ingezonken. Weeke deelen n neus en beide oorschelpen verdwenen. Een gedeelte der onderkaak	Het lijk der ruim 30-jarige vrouw, die onder verschijnselen van algemeene waterzucht overleden was, werd wegens ongegrond gebleken vermoeden van vergiftiging opgegraven en 48 dagen na den dood onderzocht. Het kerkhof bestaat uit hoogen, drogen, zand-

Volg-nommer.	Naam.	Geslacht.	Dagteekening van		
			de geboorte.	het overlijden.	het onderzoek.
XVIII.		Vr.			

Resultaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
kin ligt geheel bloot. De huid van den hals is hier en daar als ingedeukt, zeer week, geelbruin. Borst- en buikholte gesloten, huid licht geel[...] week. Aan de rechterzijde liggen het sleutelbeen en het bovenste gedeelte [...]orstspieren bloot. Buikwand sterk ingevallen, zoodat men het lendengedeelte der wervelkolom door de buikbekleedselen heen bemerkt. De ontbinding [...]ovenste ledematen is reeds ver gevorderd. De spieren zijn week, doch [...] onderscheiden; het beenvlies laat hier en daar gemakkelijk los. Op de [...]kte der handen liggen de pezen der strekspieren geheel bloot; de spieren [...]n de middelhandsbeenderen zijn grootendeels verdwenen. De nagels zijn [...]len, de nagelkootjes der duimen eveneens. De onderste ledematen ver[...] ongeveer in denzelfden toestand van ontbinding. Van het harde hersen[...]ijn nog slechts enkele stukjes overgebleven. De hersenen vormen eene [...]itige, uiterst walgelijk riekende massa. Van de weeke deelen in de mond[...]n aan den hals is weinig meer te herkennen. De longen zijn bijna zwart [...]ur en liggen, sterk samengevallen, zijdelings tegen de wervelkolom aan; [...]binding is ver gevorderd. De spierzelfstandigheid van het hart is uiterst [...] Van de drietrippige klep zijn nog enkele stukjes te vinden. De klap[...] der aorta en der longslagader hebben een geheel normaal voorkomen. [...]nenvlakte der borst-aorta is glad; het lumen van het vat is gering. Van [...]okdarm is niets te vinden. Het middenrif is in zijn geheel aanwezig. [...] ingewanden zijn vrij goed bewaard gebleven, doch verspreiden een hoogst [...]n, zoetachtigen reuk. Maag als een platte zak met geringen inhoud. Milt [...]eer week. Lever zeer week, modderachtig, gewicht 255 grammen; talrijke [...]-kristallen aan de oppervlakte. Pancreas te herkennen. Darmlussen [...]ootendeels aan elkander gekleefd, gemakkelijk verscheurbaar. Nieren [...]uilbruin. Baarmoeder als eene vuilbruine, weeke massa. Blaas zeer [...]dig. [...]ikundig onderzoek. De resultaten zijn negatief.	grond; de kist stond ongeveer 1 meter onder het zand. Bij het opruimen van graven zijn op de begraafplaats, voor zooveel bekend geworden is, nimmer geheel of gedeeltelijk gemumificeerde lijken aangetroffen, daarentegen wel vetklompen (lijkenvet). De bodem der stevige kist liet tijdens het onderzoek vocht door. De binnenvlakte der kist was vochtig. Het lijk was van den hals tot de voeten gewikkeld in een wit katoenen lijkkleed; verder werden eene muts en twee hemden aan het lijk aangetroffen.
[...]eedkundig onderzoek. De huid van het behaarde hoofd laat ge[...]k los. Het onbedekte gedeelte van het gelaat is met dikke, witte schim[...]en bedekt. De top van den neus en de linker oorschelp ontbreken; [...] rechter oorschelp is nog een klein gedeelte over. De oogkassen zijn [...]ig. De huid van het aangezicht is hard als leder, die van den hals [...]t grootendeels. De huid van den romp en van de ledematen is over [...]meen droog en hard; de kleur is bruinzwart, aan de voorzijde van den [...]ts lichter, aan de dijen, vooral aan de buitenzijde, zeer donker, bijna [...] De lichaamsholten zijn gesloten. De voorste buikwand is koepelvormig [...]n en klinkt sterk bij het aankloppen. De bovenste ledematen hebben [...] geheel hetzelfde voorkomen. De huid is bruinachtig, taai als leder. [...] rechterzijde is het vet onder de huid vast; de spieren zijn bruin, hier [...] roodachtig van kleur, duidelijk te onderscheiden. Aan de linkerzijde [...] weeke deelen bijna geheel in lijkenvet veranderd; van de spieren zijn [...]hts enkele gedeelten duidelijk te herkennen. De beide handen liggen [...] op de bovenbuikstreek; de rugvlakte is met eene dikke, witte schim[...]bedekt. De vingers zijn bruin, de nagels bruinrood; enkele nagels zijn [...] huid (ook aan de palmvlakte) van hand en vingers is droog, leder[...] De zware dijen liggen tegen elkander. De huid is hard als leder. [...]g is vast, aan de binnenzijde 3 à 4 cm dik. De stevige spieren zijn [...] bewaard gebleven en hebben bijna overal een geheel versch voorko[...] kleur is frisch rood, hier en daar eenigszins bruinachtig. Bij het insnij[...] spieren verspreidde zich een zeer sterke reuk als van oude, bedorven [...] de onderbeenen wordt hetzelfde opgemerkt als aan de dijen; de [...]ijn echter wat lichter van kleur en aan de ondervlakte hier en daar	Het lijk der jonge vrouw werd wegens ongegrond gebleken vermoeden van vergiftiging opgegraven en onderzocht 2 jaar na den dood. Het graf was droog, de kist volkomen gaaf, goed sluitend, aan alle zijden vrij in het graf geplaatst. De binnenzijde der kist is eenigszins vochtig; donker bruin, aan het hoofdeinde bijna zwart. Een lijkkleed omgeeft het lijk van boven den mond tot de voeten; het is voor een groot deel met witte en geelachtige schimmelvlekken bedekt. Het lijkkleed scheurt gemakkelijk bij het aanraken en is samengekleefd met de overige kleedingstukken; de het lijk bedekkende, wollen en andere kleedingstukken zijn aan de huid vastgekleefd en slechts met veel moeite te verwijderen.

VOLG-NOMMER.	NAAM.	GESLACHT.	DAGTEEKENING VAN		
			de geboorte.	het overlijden.	het onderzoek.

Resulaten van het onderzoek.	Aanteekeningen.
...zins wankleuring. De huid van den rechter voet is hard en droog, die ...en linker is glibberig. Van de hersenvliezen is niets meer te zien. De ...en vormen eene vuilgrijze, tamelijk vaste massa, die een uiterst walge... putriden reuk verspreidt. Onder de lederachtige huid der wangen zit ...kke laag vast vet. In de rechter fossa spheno-maxillaris bevindt zich ...et. De weeke deelen van mond- en keelholte en van den hals zijn ver... De huid van den borstwand is hard, de vetlaag dik en vast, de spieren ...eek. De nervus phrenicus met de vergezellende bloedvaten ...n beide zijden duidelijk te zien en te vervolgen. Het hart, in ...rtezakje besloten, is zeer goed bewaard. De spiermassa is droog, bruin. ...pvliezen hebben allen een normaal voorkomen. De aorta is over haren ...n loop door de borstholte te vervolgen; de binnenvlakte is geheel glad. ...kdarm is niet meer te herkennen. De bijna zwarte longen liggen geheel ...erk samengevallen, dicht bij de wervelkolom. Aan de oppervlakte zijn ... ontbindingsblazen zichtbaar. Het middenrif is ongedeerd. De koepel... opgeheven voorste buitenwand behoudt zijn vorm, nadat hij is ingesneden. ... openen der buikholte wordt weder een walgelijke reuk bespeurd als van ...bedorven kaas. Huid lederachtig, taai; vetlaag dik (2—3.5 cm.), vast; ... bruin, dun als verdroogd, buikvlies glinsterend. De buikingewanden ... plat op den achterwand der buikholte. Maag gesloten, naar beneden ...t, met moeite uit hare omgeving los te maken. Van het pancreas is ... zien. Lever blauwgrijs, gewicht 250 grammen. Ontbindingsblazen van ...lende grootte op de doorsnede. Milt gedeeltelijk te herkennen; moeielijk ...eeren. Darmlussen plat, geelrood, aan elkander gekleefd, grootendeels ...t zeer vetrijke net bedekt. Nieren week, niet van de omgeving te schei... ...laas ledig. Baarmoeder goed bewaard. Eierstokken en Falloppiaansche ...goed te onderscheiden. ...ikundig onderzoek. De resultaten zijn negatief.	

De Leidsche lijken waren voor een deel begraven op de z. g. Groote Begraafplaats bij de voormalige Heerenpoort (VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIV); de overigen (IV, V, XIII, XV, XVI) rustten op de Roomsch-Katholieke begraafplaats, beide te Leiden. De bijzonderheden omtrent het graf en de kist der beide andere lijken (XVII, XVIII) zijn in de Aanteekeningen bij de waarnemingen vermeld.

De beide Leidsche begraafplaatsen liggen aan den zoom der stad; zij zijn met klei opgehoogd, doch de bodem van het eerste kerkhof is vaster, zoodat het water minder gemakkelijk wegzakt en in sommige kisten (VI, X, XV) water gevonden werd.

Op de Groote Begraafplaats worden de graven gemaakt ter diepte van 1.50—1.55 Meter; daarin worden drie kisten op elkander geplaatst. Het deksel der bovenste kist wordt bedekt door eene aardlaag van 25—30 cm. dikte.

De graven op de Roomsch-Katholieke Begraafplaats voor de klasse, waartoe de door ons onderzochte lijken behoorden, worden gegraven ter diepte van 2 Meters; vier lijken worden daarin op elkander geplaatst, zoodanig dat het deksel der bovenste kist 35—40 cm. onder den grond ligt. Wat de kinderlijkjes betreft deze worden, ten getale van 25, in een groot, gemeenschappelijk graf bijgezet.

Bij een onderzoek omtrent de plaatsing der verschillende kisten op de Groote Begraafplaats is mij het volgende gebleken.

De kist van VI was de eerste (onderste) in het graf, waarvan de bodem met water bedekt was; die van VII, VIII en IX waren de derde (bovenste); de graven waren droog. De kist van X stond in het midden; die van XI was de eerste. Waarschijnlijk stond er water in het graf, doch men wist dit niet met zekerheid. Het graf, waarin de kist van XII onderaan (de eerste) stond, was droog. De kist van XIV stond bovenaan.

Betreffende de plaatsing der kisten op het Roomsch-Katholieke kerkhof vernam ik dat het graf, waaruit de kistjes van IV en V opgegraven werden, zeer droog was. De kist van XIII stond bovenaan; het graf was zeer droog. De kist van XV was 2 Meters diep geplaatst (de eerste), die van XVI was de derde van beneden.

De kisten van IV en V waren zoo goed als nieuw; de overigen waren allen gaaf met uitzondering van die van XII, waarvan het deksel eenigszins beschadigd was. Deze kist had bijna drie jaren in het graf gestaan.

Over het algemeen waren de lijken zeer goed bewaard gebleven met uitzondering van VIII en XVII.

Van VIII was niet veel meer dan het geraamte over. De volgende omstandigheden geven hiervan, meen ik, eene voldoende verklaring. De achttienjarige

jongeling was slechts drie of vier dagen ziek geweest en stierf den 15den Juli 1881. De temperatuur was toen te Leiden hoog; de thermometer teekende dien dag 22.7° C., den 16den Juli 23.3° C., den 17den Juli 23° C., den 18den Juli, den dag der begrafenis, 22.9° C. *. Het lijk is dus vermoedelijk in vrij ver gevorderden staat van ontbinding ter aarde besteld en de ondervinding op ontleedkundig gebied heeft mij herhaalde malen geleerd dat, indien de ontbinding eenmaal een zekeren graad bereikt heeft, zij zeer snel voortgaat en zelfs met bederfwerende middelen moeielijk gestuit kan worden. Bovendien stond de kist bovenaan in het graf en ook dit kan de ontbinding verhaast hebben.

De ontbinding van het lijk van XVII was zeer ver gevorderd met het oog op den betrekkelijk korten tijd, (48 dagen) die na den dood verloopen was. De vrouw was evenwel, in het begin der maand September, onder verschijnselen van algemeene waterzucht gestorven en dergelijke lijken gaan in den regel spoedig in ontbinding over. De kist was bovendien niet geheel dicht, stond hoog in een algemeen groot graf en was door niet meer dan een Meter zand bedekt.

In 14 van de 18 door ons onderzochte lijken werd arsenicum gevonden; al deze 14 lijken waren afkomstig van personen, die vermoedelijk door Vrouw VAN DER LINDEN vergiftigd waren.

De hoeveelheid arsenicum, in de organen der verschillende lijken aangetroffen, was zeer verschillend. Bij VI werd de grootste hoeveelheid gevonden en werd het vergift tot zelfs in het hoofdhaar aangetoond. In 100 grammen der lever van IX werd slechts een spoor van arsenicum gevonden; dit was vermoedelijk afkomstig van geneesmiddelen, die door de veroordeelde aan hare behuwdtante toegediend waren. Daar zij zeer veel met arsenicum omging is het waarschijnlijk dat de door haar gegeven geneesmiddelen toevallig met eene geringe hoeveelheid daarvan vermengd waren.

Omtrent de geheele of partiëele mumificatie der lijken valt het volgende op te merken.

De huid van VI was op verschillende plaatsen (aangezicht, buikwand, onderste ledematen) hard, doch gemakkelijk door te snijden. Van de borstorganen was niets meer te herkennen. De ontbinding der buikorganen was zeer ver gevorderd, zoodat van de maag en de milt niets te vinden was en slechts enkele darmlussen nog te onderscheiden waren. Van eigenlijke mumificatie is dus hier geen spraak.

---

* De temperaturen zijn bepaald in een gesloten, niet verwarmd vertrek des voormiddags te 8 uren; de welwillendheid van Dr. P. J. KAISER, den verdienstelijken Verificateur van 's Rijks Zeeinstrumenten alhier, stelde mij in staat haar hier mede te deelen.

*

Bij VII werd de rechter hand gemumificeerd gevonden zoowel aan de rug- als aan de palmvlakte. De huid der linkerhand van XII was aan de rugvlakte droog en hard en aan de palmvlakte voor een deel verdwenen en voor het overige gedeelte geheel week. Ik merk hierbij op dat beide handen boven op den buik, dus hoog met betrekking tot de overige deelen van het lijk geplaatst waren en verder dat onze ontleedkundige ervaring ons geleerd heeft dat de handen vaak neiging vertoonen om in een toestand van verdroging over te gaan. In ons officiëel verslag omtrent het onderzoek van het lijk van XII hebben wij daarop de aandacht gevestigd. In het laatste Hoofdstuk zal ik de oorzaak van dat verschijnsel trachten op te sporen.

Eene nagenoeg volledige mumificatie werd aangetroffen op het lijk van XIV. Voor de bijzonderheden verwijs ik naar de Waarneming zelve. Het voorkomen van het lijk kwam in hoofdzaak overeen met hetgeen daaromtrent door SCHAPER (Hoofdstuk II, Waarn. **25**), DORIEN (Waarn. **30**) en anderen vermeld wordt. De reuk van oude kaas werd hierbij echter gemist. Ik teeken verder aan dat de hoeveelheid arsenicum, in de lever * van JOHANNES LEPELAAR gevonden, beantwoordde aan 0.032 gram arsenigzuur, dus niet zeer groot was, althans minder dan in sommige andere lijken, waarbij geen mumificatie gevonden werd, b. v. XIII; LEPELAAR (XIV) was 4—5 dagen ziek geweest, zijne vrouw (XIII) slechts 2 dagen; bij haar kwam de hoeveelheid arsenicum, in de lever gevonden, overeen met 0.074 gram arsenigzuur.

Het lijk van XVI vertoonde eveneens teekenen van mumificatie, hoewel in mindere mate dan het voorgaande. De waarneming bevat daaromtrent de vereischte bijzonderheden. In dit lijk werd geen spoor van arsenicum aangetroffen.

Onze waarneming XVIII is zonder twijfel een der belangrijkste. Het lijk bood vele punten van overeenkomst met dat van XIV; het was echter over het algemeen nog beter bewaard gebleven en verspreidde een zeer sterken reuk van oude, bedorven kaas. Ik vestig hierbij de aandacht op het feit dat, 2 jaren na den dood, de nervus phrenicus en de vergezellende bloedvaten aan beide zijden duidelijk te zien en te vervolgen waren en dat de dijspieren een geheel versch voorkomen hadden. Zooals uit de Aanteekeningen blijkt waren de omstandigheden, waaronder het lijk verkeerd had, gunstig voor het tot stand komen der mumificatie, gelijk in het laatste Hoofdstuk besproken zal worden. Bovendien was de vrouw in den winter gestorven. Hiertegenover staat evenwel dat

---

* Wegens het groot aantal slachtoffers en de uitgebreidheid van het onderzoek werden de overige organen scheikundig alleen onderzocht in die gevallen, waarvoor VROUW VAN DER LINDEN heeft terecht gestaan.

zij zeer zwaarlijvig was, hetgeen als ongunstig voor het ontstaan der mumificatie beschouwd wordt. Het lijk bevatte geen arsenicum of eenig ander vergift.

De resultaten van het bovenstaande komen, voor zoover de mumificatie betreft, dus hierop neder.

In 10 der begravene lijken werd arsenicum gevonden *; één dier lijken (XIV) was nagenoeg volledig gemumificeerd; bij VII en XII werd één hand gemumificeerd gevonden.

De overige 5 begravene lijken bevatten geen arsenicum. Een daarvan (XVIII) was bijna volkomen, een ander (XVI) was onvolkomen gemumificeerd.

Hieruit volgt dus, voor zoover onze waarnemingen betreft, dat mumificatie meer aangetroffen wordt bij arsenicumvrije dan bij arsenicumhoudende lijken.

IV. Besluit.

Wij hebben thans in de eerste plaats de verschillende omstandigheden na te gaan, die op de ontbinding van lijken invloed uitoefenen. Zij zijn van zeer verschillenden aard. Voor een deel zijn zij te zoeken in het lijk zelf en voor een ander deel daarbuiten. Het is evenwel niet altijd mogelijk den invloed dezer verschillende oorzaken scherp uit elkander te houden en men moet bij het uitspreken van een oordeel met al deze invloeden rekening houden. Dit levert te meer bezwaar op daar onze kennis, uit den aard der zaak, hier op vele punten nog zeer gebrekkig is.

De volgende omstandigheden, in het lijk zelf gelegen, worden geacht op de ontbinding een min of meer overwegenden invloed uit te oefenen.

Leeftijd. Orfila † leidde uit zijne proeven af dat, onder gelijke omstandigheden, de lijkjes van zeer jonge kinderen in den grond veel sneller in ontbinding overgaan dan die van volwassenen en grijsaards. Casper § is in hoofdzaak van dezelfde meening, maar wijst er op dat de meeste kinderlijkjes, die

* Ik reken IX hierbij tot de arsenicumvrije lijken.

† *Traite des exhumations juridiques*, T. I. p. 327.

§ l. c, S. 30.

gerechtelijk-geneeskundig onderzocht worden, kort na de geboorte naakt of althans met zeer weinig kleedingstukken bedekt in het water, in privaten of op mesthoopen geworpen zijn en eerst onderzocht worden nadat zij gedurende korteren of langeren tijd onder voor de ontbinding zeer gunstige omstandigheden verkeerd hebben. HOFMANN * meent daarentegen dat in verreweg de meeste gevallen de lijkjes van pasgeborenen niet spoediger in ontbinding geraken dan anderen, maar dat het ontbindingsproces, door de geringere grootte, natuurlijk spoediger zal zijn afgeloopen. De door hem aangevoerde redenen zijn niet zonder gewicht. Bij doodgeborene of kort na de geboorte gestorven kinderen bevatten de darmen geen lucht en ook geen gassen of andere stoffen, welke op zich zelve reeds geschikt zijn om de verrotting te bevorderen. De groene verkleuring van de huid begint ook niet aan den buik, zooals bij de meeste lijken het geval is, maar elders. De longen vooral van kinderen, die niet geademd hebben, bieden zeer lang weerstand aan de ontbinding, omdat zij geen lucht bevatten. De lijkjes van zuigelingen gaan zonder twijfel sneller in ontbinding over, vooral wanneer zij aan de gevolgen van een darm-katarrh bezweken zijn; de buikwand wordt dan ook spoedig groen gekleurd.

Geslacht. Volledigheidshalve zij hierbij vermeld dat ORFILA † uit de meer lymphatische constitutie en het meerdere vet bij de vrouw afleidt dat vrouwenlijken sneller in ontbinding zouden geraken dan mannenlijken. Dit wordt door de lateren (CASPER-LIMAN, TAYLOR-STEVENSON) te recht ontkend of met stilzwijgen voorbijgegaan (HOFMANN). Lijken van vrouwen, die kort na de baring sterven, gaan snel in ontbinding over, onverschillig aan welke ziekte zij bezweken zijn. Zij behooren tot de lijken met betrekkelijk uitgebreide verwondingen, waarover later zal gehandeld worden. Het geslacht als zoodanig is hier stellig zonder eenigen invloed.

Lichaamsgesteldheid. Zij is voor den gang der ontbinding van veel meer beteekenis. Om deze regelmatig te doen voortgaan is, zooals later zal worden aangetoond, eene betrekkelijk groote hoeveelheid water noodig. Allen komen hierin overeen dat vette, zwaarlijvige, lymphatische lijken sneller in ontbinding overgaan dan magere en schrale. Dit zal ook wel de hoofdreden zijn van de tragere ontbinding der lijken van vele personen van hoogen leeftijd.

TAYLOR § ontkent den invloed van leeftijd, geslacht en lichaamsgesteldheid geheel en al en meent dat er geen feiten zijn om dien invloed te bewijzen.

* l. c. S. 275.

† l. c. p. 328.

§ l. c. T. I, p. 99.

Ik meen dat hij hierin, althans ten opzichte van den leeftijd en vooral van de lichaamsgesteldheid, te ver gaat.

Oorzaak van den dood. In het algemeen kan men zeggen dat de lijken van personen, die aan eene acute ziekte gestorven zijn, sneller vergaan dan die van hen, die aan chronisch lijden bezwijken.

De lijken evenwel van gezonde personen, die plotseling gestorven zijn, gaan, wanneer de omstandigheden overigens gelijk zijn, minder snel in ontbinding over. Hierbij doen zich echter zeer merkwaardige verschillen voor, waarvan de oorzaak ons dikwijls ten eenenmale onbekend is. CASPER onderzocht op den 20sten Maart 1848 de lijken van 14 mannen uit den arbeidenden stand, bijna allen van denzelfden leeftijd (24—30 jaren), die vroeger onder dezelfde omstandigheden geleefd hadden en twee dagen te voren te gelijker tijd op de barrikades te Berlijn doodgeschoten waren. De lijken lagen naast elkander in hetzelfde lokaal. Bij elk dezer lijken waren de teekenen der ontbinding verschillend. LIMAN nam hetzelfde waar bij het onderzoek van een aantal lijken van personen, die bij het instorten van huizen omgekomen waren; bij de lijken dezer bijna op hetzelfde oogenblik gestorven menschen werden de meest verschillende teekenen van ontbinding aangetroffen. Mijne ervaring in de ontleedzaal is met deze feiten geheel in overeenstemming.

Na sommige acute ziekten gaat de ontbinding zeer snel, b. v. na septicaemie *, pokken, typhus enz. Cholera-lijken daarentegen bieden langer weerstand. Dit moet toegeschreven worden: 1^{0}. aan het groote vochtverlies, 2^{0}. aan de ontlediging van maag en darmen, welke in den regel in den loop der ziekte heeft plaats gehad. In dit laatste opzicht komen cholera-lijken overeen met die van door arsenicum vergiftigden. Lijken van personen, die, zonder uitgebreide verwondingen, veel bloed verloren hebben, vergaan eveneens minder snel.

De ontbinding treedt zeer snel op bij de lijken van hen, die door den bliksem † of door een zonnesteek gedood zijn. Men heeft hierbij echter te recht gewezen op den invloed van het jaargetijde, waarin dergelijke gevallen zich voordoen.

Aan de volgende oorzaken van den dood wordt een versnellende invloed op de ontbinding toegeschreven: stikking in rook, in kooloxyde- en zwavelwaterstof-

---

* Een merkwaardig voorbeeld hiervan wordt medegedeeld door CHAMPOUILLON: *Observations sur la marche de la putréfaction cadavérique* in: *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, 1845, T. 34, p. 377. TAYLOR (l. c. T. I, p. 110) deelt verder eenige voorbeelden mede van zeer snelle ontbinding na verschillende oorzaken van den dood.

† Hiervan wordt reeds gewag gemaakt door SENECA (*Quaestiones naturales*, II. 31): „fulmine icta intra paucos dies verminantur."

gas, narcotische vergiften (CASPER); de verschillende vormen van stikkingsdood (verdrinken, stikking, verworging) (HOFMANN, TAYLOR), blauwzuur, morphine en andere plantaardige vergiften (TAYLOR).

Reeds vroeger (bl. 12) maakte ik melding van vergiften, waaraan het vermogen wordt toegekend om de ontbinding te vertragen of te verhinderen en noemde daarbij: alkohol, sublimaat, zwavelzuur, worstgift en vooral arsenicum. HOFMANN vermoedt verder vertraging der ontbinding na vergiftiging met cyaankalium. HUSEMANN * zag dat in de lijken van dieren, die met thymol vergiftigd waren, de ontbinding laat optrad en TAYLOR geeft voorbeelden van den vertragenden invloed van zink-chloride en antimonium.

Waterzuchtige lijken gaan snel in ontbinding over; hieromtrent bestaat geen verschil van meening. Dit vind ik door Waarn. XVII bevestigd. Het lijk was 48 dagen na den dood onderzocht; de niet geheel gave kist had 1 Meter onder het droge zand gestaan. De ontbinding was zeer ver gevorderd. De ontleedzaal heeft mij talrijke bewijzen voor de juistheid dier opvatting geleverd. Het groote vochtgehalte van het lijk is de oorzaak der snellere ontbinding. Ik laat daarom bij hydropische lijken aan de ondervlakte lange sneden door de huid maken tot op de spierscheede; het vocht heeft daardoor gelegenheid om weg te vloeien en de lijken blijven daarna veel langer in bruikbaren toestand.

ORFILA † vermeldt reeds dat lijken met verwondingen van zekere uitgebreidheid snel in ontbinding geraken en dat hetzelfde plaats heeft bij kneuzingen en bloeduitstortingen ook zonder verscheuring van de huid. CASPER beweert hetzelfde voor geseceerde lijken; ik deel dit gevoelen voornamelijk voor het geval dat de onderzochte ingewanden weder in het lijk geplaatst worden. Vóór niet zeer langen tijd was ik in de gelegenheid twee door het overrijden van een stoomtram zwaar verminkte lijken te onderzoeken. In het eerste geval vooral, waarbij het lichaam op veel verschillende plaatsen getroffen was, vertoonde en verspreidde de ontbinding zich, bij niet zeer hooge temperatuur, buitengewoon snel.

---

* HUSEMANN, *Ein Beitrag zur Wirkung der Phenole und des Thymols insbesondere.* Nach Versuchen von J. VALVERDE, in: *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, 1875. Bd. 4. S. 280.

† l. c. T. 1, p. 328. Het voorbeeld, door ORFILA ten bewijze aangehaald, is niet gelukkig gekozen. Een lijk, waarvan een der onderste ledematen en de huid van een der wangen waren weggenomen, werd 14 dagen na den dood, in reeds vrij ver gevorderden staat van ontbinding begraven. Na 3 maanden vond men niet veel meer dan een geraamte. Dit zou bij den toestand, waarin het lijk begraven werd, ook zonder verminking het geval geweest zijn.

Het behoeft geen betoog dat aan de tot dus ver besprokene invloeden, met het oog op het beloop der ontbinding, slechts eene zeer betrekkelijke waarde kan toegekend worden. Het spreekt van zelf dat een lijk niet dan uiterst zeldzaam, en daarmede hebben wij ons thans niet bezig te houden, geheel onttrokken zal zijn aan de bederfopwekkende invloeden, welke daar buiten aanwezig zijn. Wij zullen nu van deze laatsten het voornaamste mededeelen en merken reeds dadelijk op dat hunne uitwerking in de meeste gevallen duidelijker is waar te nemen.

Dampkringslucht. Toetreding van lucht met mikro-organismen (rottingsbacteriën) is een eerste vereischte voor het tot stand komen der ontbinding. Naarmate de lucht vrijer toegang heeft zal dus binnen zekere grenzen de ontbinding sneller gaan. Indien echter de luchtververschlng snel plaats heeft en vooral indien bovendien de lucht zeer droog is dan verdampt het water van het lijk; de ontbinding wordt hierdoor gestoord en het lijk kan verdrogen (mumificeeren). Zoo heeft LEDDER de mumificatie der lijken in den grafkelder te Wieuwerd verklaard (bl. 7) en ik meen dezelfde verklaring te moeten aannemen voor de lijken in de kapel te Voorburg (bl. 7 en 8) *.

Lijken, die in de open lucht vertoeven, gaan in den regel het snelst te gronde, sneller dan lijken, die in het water blijven en veel sneller dan begraven lijken. De min of meer vrije toetreding der lucht is daarvan mede de oorzaak, doch zij is niet de eenige, zooals weldra blijken zal.

Temperatuur. De temperatuur van de lucht is van overwegend gewicht; dit geldt echter evenzeer voor het water en voor het graf. Is de temperatuur laag dan komt de ontbinding langzaam te voorschijn. Daalt zij beneden het vriespunt dan kan het lijk bevriezen en gedurende vele jaren bijna onveranderd blijven. Het lijk van Vorst MENCHIKOF, een der gunstelingen van PETER I, werd in 1821 te Beresov opgegraven, na gedurende 92 jaren in den bevroren grond van Siberie gelegen te hebben. Het was slechts weinig veranderd. De ervaring heeft mij geleerd dat lijken of deelen van lijken, die, na bevroren geweest te zijn, ontdooien, zeer gemakkelijk en zeer snel in ontbinding overgaan.

Volgens TAYLOR is de temperatuur tusschen 21° en 38° C. de geschiktste voor de ontbinding. Stijgt de temperatuur belangrijk hooger en is de lucht daarbij zeer droog dan neemt de verdamping van het lijk sterk toe; het droogt uit gelijk de lijken van menschen en dieren in de woestijnen van Afrika en elders.

Vochtigheid. Voor de ontbinding van lijken wordt eene vrij groote hoe-

* Na het afdrukken van het eerste gedeelte dezer Verhandeling is mij gebleken dat het laatste lijk op den 15den September 1759 in den kelder te Voorburg is bijgezet.

veelheid water of waterdamp vereischt. Deze wordt echter onder gunstige omstandigheden geheel of althans grootendeels door het lijk zelf geleverd. Het gehalte aan water van het menschelijk lichaam is zeer hoog. HOFMANN * zegt dat dit gemiddeld 85 pCt. bedraagt. Dit is echter te hoog gesteld. VOIT † geeft op dat het lichaam van een volwassen mensch van 60 kilogrammen 63 pCt. (38 kilogrammen) water en 37 pCt. (22 kilogrammen) drooge massa bevat. TAYLOR geeft nagenoeg dezelfde verhouding op. Bij pasgeborenen en jonge kinderen is het watergehalte grooter. BISCHOFF vond in het lijkje van een pasgeboren meisje 66.4 pCt. water en 33.6 pCt. drooge massa.

Een aanzienlijk gedeelte van het water verlaat echter spoedig het lijk, nadat de ontbinding begonnen is. Zoo de omstandigheden nu voor de verdamping gunstig zijn, indien het uit het lijk afgescheiden water wegvloeit en er geen voldoende hoeveelheid van buiten aangevoerd wordt, dan kan de hoeveelheid water voor den geregelden gang der ontbinding te gering worden; dit voert dan ten slotte tot min of meer volledige mumificatie.

Is de toevoer van water zeer groot, zoodat het lijk geheel of gedeeltelijk in het water ligt of zelfs indien de bodem van het graf voortdurend zeer vochtig is, dan wordt de ontbinding niet meer bevorderd, maar gestoord en er heeft, zooals wij reeds vroeger zagen, vorming van lijkenvet plaats. Afwisselend geringe en overvloedige toevoer van water doen de ontbinding snel voortgaan.

Tot staving van den invloed van den vochtigheidstoestand der lucht is de volgende mededeeling niet zonder belang. Volgens PETTIGREW § is het vooral de droogheid van de lucht, die in Opper-Egypte de ontbinding tegenhoudt. In Neder-Egypte gaan de mumies spoedig te gronde, wanneer zij aan de buitenlucht blootgesteld zijn. MADDEN zag te Alexandrie, waar de lucht zeer vochtig is, verscheidene mumies, die gedurende wellicht 40 eeuwen goed bewaard gebleven waren, in 40 uren in ontbinding geraken.

Terwijl mikro-organismen voor de ontbinding onmisbaar zijn, wordt de vernietiging der weeke deelen van het lijk niet zelden zeer belangrijk verhaast door verschillende dieren. De schimmelvorming, welke zeer veelvuldig op lijken waargenomen wordt, is daarbij van weinig invloed.

---

* l. c. S. 267.

† HERMANN's *Handbuch der Physiologie*, 1881. Bd. 6. 1ter Theil. S. 345.

§ l. c. p. 231.

Allereerst komen hierbij de vliegen * in aanmerking. Zij leggen des zomers dikwijls zeer spoedig na den dood hare eieren op het lijk, vooral in de oog- en mondhoeken en bij vrouwen in de uitwendige geslachtsopening. In korten tijd ontwikkelen zich maden uit de eieren en door haar zeer groot aantal zijn de sporen harer werkzaamheid spoedig zichtbaar. CASPER zag de weeke deelen van het lijkje van een pasgeboren kind in twee dagen door maden volkomen verteren.

Het voorkomen van de overblijfselen der larven van vliegen, vooral op of in een begraven lijk, is gerechtelijk-geneeskundig van belang met het oog op de vraag in welken tijd van het jaar een lijk begraven is. Men kan toch niet aannemen dat deze van buiten af in de kist gekomen zijn; de eieren moeten dus vóór het begraven op het lijk gelegd zijn.

Lijken, welke in de open lucht blijven liggen, vallen bovendien dikwijls aan kevers en hunne larven en vooral aan mieren ten prooi. HOFMANN † heeft eenige gevallen medegedeeld, waarin de weeke deelen van volwassen lijken in betrekkelijk korten tijd door deze dieren waren opgegeten.

Sommige kevers en hunne larven (Aleochora, Stenus, Oxytelus en andere Staphylinenlarven, GÜNTZ) zoeken de lijken in de aarde op en verteren de weeke deelen somtijds in enkele maanden.

HOFMANN vond in twee opgegraven lijken een buitengewoon groot aantal van Pelodera strongyloïdes §. Volgens SCHNEIDER leven evenwel een groot aantal soorten van deze Nematoden in vochtige aarde, waar zij rottende zelfstandigheden opzoeken en zich daarmede voeden.

De toetreding van lucht tot het lijk kan op verschillende wijzen belemmerd, ja zelfs geheel verhinderd worden.

K l e e d e r e n. De invloed vooral van nauwsluitende kleederen op den loop der ontbinding is zeer groot, zoowel bij lijken in de lucht als bij die, welke in het water of onder den grond liggen. CASPER ** geeft hiervan een zeer sprekend

---

* Bij ORFILA et LESUEUR, l. c. T. 1, p. 331 en 332 en bij GAULKE, l. c. S. 323 worden opgaven gevonden omtrent de verschillende soorten van vliegen en andere insekten, die hiertoe behooren.

† l. c. S. 272.

§ SCHNEIDER, *Monographie des Nematoden,* Berlin 1866, S. 152, Taf. X, Fig. 9.

Zie ook: Dr. J. G. DE MAN, *Die frei in der reinen Erde und im süssen Wasser lebenden Nematoden der Niederländischen Fauna,* Leiden, 1884. S. 120.

** l. c. S. 32.

voorbeeld. De borstkas van het uit het water opgehaalde lijk van een door scoliose zeer misvormden man was door een eng sluitend korset van stevige stof omgeven. Terwijl het overige gedeelte van het lijk reeds duidelijke teekenen van ontbinding vertoonde, was de bortkas nog zeer frisch. Ik heb hetzelfde herhaalde malen waargenomen aan vrouwenlijken op de plaats, waar de rokken vast om het lichaam bevestigd waren. Over den vertragenden invloed van kleederen, ook aan begraven lijken, zijn verder belangrijke mededeelingen gedaan door CRÉTEUR *, die met de ontsmetting van het slagveld bij Sedan belast was. Jassen van gutta-percha zouden hier hun invloed het meest hebben doen gelden. Voor ons onderwerp is de volgende waarneming van KIENE † van zeer veel belang. Bij twee lijken (een na 10 en een na 18 jaren) vond hij onder de waarschijnlijk wollen kousen gemumificeerde huidstukken.

Kist. De stof, waarvan de kist vervaardigd is, hare min of meer volledige sluiting en de dikte harer wanden komen hierbij in aanmerking. ORFILA § heeft een aantal proeven genomen om den invloed van de kist na te gaan en is tot het volgende resultaat gekomen: „Nous ne prétendons pas cependant que les obstacles apportés par les bières au développement de la putréfaction puissent être tels que celle-ci soit complètement arrêtée; loin de là, les corps les moins disposés à se pourrir finissent par se détruire, même lorsqu'ils sont renfermés dans des bières en plomb; nous disons seulement que tout étant égal d'ailleurs, la décomposition putride marche d'autant plus lentement que le corps est enveloppé de manière à se soustraire davantage à l'action des agens extérieurs." Metalen, vooral looden, luchtdicht gesloten kisten zullen dus de ontleding het langst en het volledigst tegenhouden. Dikke, eikenhouten kisten zullen betere diensten bewijzen dan dunne, dennenhouten enz. HOFMANN ** verhaalt dat keizer JOSEPH II in 1784 een bevel uitvaardigde dat, om de snellere ontbinding te bevorderen, de lijken voortaan zonder kist en slechts in een zak genaaid begraven moesten worden. De ver gevorderde ontbinding in Waarn. XVII moet, naar mijne meening, ook voor een deel toegeschreven worden aan de gebrekkige samenstelling der kist.

Graf. De aard van den bodem, waarin de kist geplaatst wordt, heeft op zich zelve niet den overwegenden invloed, dien men wel eens daaraan heeft toege-

---

* v. ROTH und LEX, *Handbuch der Militärgesundheitspflege*, 1872, Bd. 1. S. 554.

† KIENE, *Beobachtungen über die Sättigung der Kirchhofserde* in: EULENBERG'S *Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen*, 1875, N. F. Bd. 23, S. 347.

§ l. c. T. 1. p. 336.

** l. c. S. 267.

schreven, tenzij er reeds veel rottende, dierlijke of plantaardige zelfstandigheden in den bodem aanwezig zijn. Velen zijn van oordeel, dat lijken in zandgrond minder snel vergaan dan in een klei- of leemachtigen bodem. Men heeft hierbij evenwel te letten op de mogelijkheid van toetreding der lucht en op den graad van vochtigheid en verder of deze laatste constant of afwisselend is. De meerdere of mindere vochtigheid van den bodem heeft uit den aard der zaak een zeer belangrijken invloed op de toetreding van lucht. Zoo is o. a. uit de onderzoekingen van FLECK * gebleken, dat volkomen droog zand tweemaal zooveel lucht doorlaat als zand, dat met vochtigheid verzadigd is.

Volgens TOUSSAINT † zou de mumificatie der lijken bevorderd worden door ijzer in de aarde van het graf. BOUCHERIE § vond althans ijzer in de huid der mumiën in den St. Michaëlstoren te Bordeaux. De aarde van het kerkhof in Waarn. **57** bevat ijzer.

Meer dan de aard van den bodem is de hoogere of lagere ligging van het graf ten opzichte van zijne omgeving van beteekenis. De meerdere of mindere standvastigheid van de vochtigheid is hiervan afhankelijk.

Ook de diepte van het graf is van invloed en hierbij doen de reeds genoemde faktoren: temperatuur, toetreding van lucht, vochtigheid zich duidelijk gelden.

ORFILA ** deelt eene waarneming mede van twee lijken, die op een kerkhof van Valenciennes na 15 jaren in buitengewoon goed bewaarden toestand gevonden werden. Het graf was niet ver van eene rivier verwijderd, boven welke het zich 12—15 voeten verhief. De bodem om de kisten bestond uit bouwgrond met kiezel en koolzure kalk, meer kiezel dan kalk. De grond was vochtig, frisch, vast. De kisten stonden boven elkander; de eerste was van beuken- en dennenhout, de tweede van eikenhout vervaardigd. De spijkers van beide kisten waren niet eens verroest. Men vond dat de persoon, van wien het eerste lijk afkomstig was, geen gewelddadigen dood gestorven was, maar aan peripneumonie, gecompliceerd met gastro-enteritis, bezweken was. Op beide armen was eene aderlating verricht; de laatbanden waren nog aanwezig. Het wondje op den linkerarm was zuiver en helder rood, even als een weinig bloed, dat er uit gevloeid was. Het tweede lijk was even goed bewaard gebleven. De goede toe-

---

* *Zweiter Jahresbericht der chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden*, 1873.

† l. c. S. 221.

§ GANNAL, l. c. p. 83.

** l. c. T. 1. p. 271.

stand dezer lijken moet, naar het mij voorkomt, hoofdzakelijk aan den aard en de gesteldheid van het graf toegeschreven worden.

Het is duidelijk dat, waar zoo verschillende invloeden zich bij de ontbinding van lijken doen gelden, het resultaat ook zeer verschillend zal zijn. Daardoor is het tevens verklaarbaar dat de opgaven omtrent den tijd, die voor de vernietiging der weeke deelen vereischt wordt, zeer belangrijk uiteenloopen.

De proeven van ORFILA * leerden dat de weeke deelen na verloop van 14, 15 of 18 maanden reeds bijna geheel verdwenen waren, zelfs wanneer de lijken in kisten begraven en met een lijkkleed omwikkeld waren. ORFILA is het dan ook niet eens met hen, die meenen dat een tijdsverloop van drie of zelfs van zes jaren zoude gevorderd worden om de geheele vernietiging der weeke deelen te verkrijgen. TAYLOR † daarentegen houdt het voor waarschijnlijk dat in den regel omstreeks tien jaren zullen noodig zijn voor de volkomen ontbinding der weeke deelen van lijken, die in dunne, houten kisten begraven zijn.

Aan dergelijke opgaven kan natuurlijk slechts een zeer betrekkelijke waarde toegekend worden. De toestand, waarin men een lijk na een zeker tijdsverloop zal vinden, is in de allereerste en voornaamste plaats afhankelijk van den toestand, waarin het ter aarde besteld werd. Is de ontbinding dan duidelijk aanwezig of reeds ver gevorderd dan zal, zelfs onder overigens gunstige omstandigheden, de vernietiging der weeke deelen spoedig volgen. Ik verwijs hiervoor naar hetgeen ik daarover op bl. 75 betrekkelijk Waarn. VIII medegedeeld heb. Wordt daarentegen het lijk begraven wanneer de ontbinding nog niet begonnen is, dan kan men verwachten dat deze een veel langzamer verloop zal hebben.

Met het oog op het voorafgaande zal ik thans de verschillende door mij medegedeelde Waarnemingen van anderen in de eerste plaats nagaan.

De 19 Waarnemingen, waarin de lijken vóór de begrafenis onderzocht werden. kunnen hier buiten beschouwing blijven. Reeds vroeger (bl. 50) werd er op gewezen dat het verschil in ontbinding dezer kort na den dood onderzochte lijken bijna zonder uitzondering kan verklaard worden uit het jaargetijde, (dus de verschillende temperatuur) waarin het overlijden plaats had. Verder leidde ik uit de daarbij medegedeelde feiten af dat het toegediende arsenicum op de

---

* l. c. T. 1. p. 338.

† l. c. T. 1. p. 103.

ontbinding der lijken in de eerste dagen na den dood geen invloed had uitgeoefend.

Voor de overige 41 Waarnemingen (namelijk die, waarin de lijken korter of langer na den dood opgegraven waren), is het uit den aard der zaak veel bezwaarlijker om uit de bestaande gegevens tot een goed gevestigd oordeel te komen. In vele gevallen toch ontbreekt een aantal bijzonderheden, die voor ons doel bezwaarlijk gemist kunnen worden. Niet zelden echter hebben schijnbaar nietige bijzonderheden mij eene voldoende verklaring doen vinden.

Alleen die gevallen, waarin mumificatie min of meer duidelijk waargenomen werd, behoeven hier nader besproken te worden. De overigen werden reeds vroeger behandeld en ik heb thans slechts weinig daarbij te voegen.

De verklaring der geringe ontbinding in 2 gevallen (Waarn. **33, 36**) werd reeds (bl. 51) gegeven. Die, waarbij sterke ontbinding werd aangetroffen, ten getale van 9 (Waarn. **3, 12, 19, 26, 28, 37, 43, 44, 58**) kunnen natuurlijk buiten beschouwing blijven. Ditzelfde geldt voor de 13 lijken, waarvan de weeke deelen geheel of bijna geheel verdwenen waren (Waarn. **11, 15, 21, 22, 29, 32, 34, 35, 39, 49, 54, 59, 60**).

In verband met hetgeen ik hierboven mededeelde omtrent den gemiddelden tijd, die noodig zou zijn voor de geheele vernietiging der weeke deelen, breng ik hierbij in herinnering dat bij de acht lijken, (Waarn. **11, 15, 29, 34, 35, 49, 54, 60**) die langer dan zes jaren in de aarde gelegen hadden, de weeke deelen geheel of bijna geheel vergaan waren en dat slechts in één geval (Waarn. **11**) geen arsenicum in de overblijfselen werd aangetroffen. In ieder geval waren de weeke deelen van al deze lijken vernietigd in een belangrijk korter tijdsverloop dan TAYLOR daarvoor voor gewone, d. i. niet met arsenicum vergiftigde lijken noodig achtte; wij zagen hierboven dat hij meende daarvoor ongeveer tien jaren te moeten aannemen. Dezelfde opmerking geldt natuurlijk met nog meer kracht voor die gevallen (Waarn. **21, 22, 32, 39, 59**) waarin de vernietiging der weeke deelen in nog korteren tijd volbracht was. Ook hier werd slechts in één geval (Waarn. **22**) geen arsenicum gevonden.

Er blijven dus ten slotte nog 17 gevallen over, waarin teekenen van mumificatie aangetroffen werden. (Waarn. **1, 2, 4, 5, 6, 13, 14, 20, 23, 25, 30, 38, 45, 46, 55, 56, 57**). Voor velen heb ik de vermoedelijke oorzaak van den eigenaardigen toestand van het lijk kunnen opsporen zonder daarbij den invloed van het arsenicum te behoeven in te roepen; in enkele gevallen meen ik het positieve bewijs te kunnen leveren, dat het arsenicum daarbij geheel buiten

rekening moet gelaten worden. Vooraf merk ik hierbij nog op dat alles, wat de ontbinding vertraagt, de mumificatie in de hand kan werken.

Als oorzaak van den goeden toestand der lijken kan o. a. de staat van vermagering bij het overlijden beschouwd worden in Waarn. **1, 55, 57**. In de beide eerste gevallen wordt deze door mij op vroeger aangegeven gronden vermoed; in het laatste geval wordt zij opzettelijk vermeld. Voor Waarn. **55** kunnen verder in rekening gebracht worden het tijdstip van het overlijden (November) en de plaatsing van het kistje in droog zand en voor Waarn. **57** de hooge ligging en het ijzergehalte van den bodem van het kerkhof.

Twee personen (Waarn. **30** en **38**) worden als potatores vermeld. De eerste was bovendien reeds bejaard (62 jaren), stierf in December en werd op den tweeden dag na het overlijden reeds begraven. Het lijk was verder met veel kleederen bedekt en overblijfselen van maden of larven werden niet gezien. Het eerste onderzoek van het tweede lijk had vijf dagen na den dood (in April) plaats gehad en daarbij waren maag en darmen uit het lijk genomen, waardoor de voortgang der ontbinding kan vertraagd zijn.

In Waarn. **2, 20, 30** (zie boven) **45** en **55** (zie boven) is het tijdstip van het overlijden van belang; **2** stierf in Januari, **20** in November. Bovendien was hier het kerkhof hoog en droog. **45** stierf in December. De kist was gaaf.

De droge toestand van het kerkhof wordt opzettelijk vermeld in Waarn. **5, 13, 14** en bovendien in Waarn. **20, 55, 57,** welke hierboven reeds besproken werden.

De Waarn. **23, 25, 46** zijn in hooge mate belangrijk omdat, naar het mij voorkomt, de invloed van het arsenicum hier zonder twijfel geheel buitengesloten kan worden.

In Waarn. **23** werd de kist na bijna $1^1/_2$ jaar zoo goed als nieuw gevonden en in het lijk werd geen arsenicum aangetoond. Bij de opening der kist werd echter door alle omstanders een zwakke, maar toch duidelijk waarneembare knoflookreuk bespeurd. In Waarn. **25** was de mumificatie bijna volledig; de kist stond 4—5 voeten diep in een zeer vasten leembodem. Na 4 jaren en 7 maanden waren de rood katoenen merkteekens van het hemd nog duidelijk te lezen. De hoeveelheid arsenicum was gering. In Waarn. **46** was de kist na zes jaren volkomen gaaf; zelfs de roode verf, waarmede zij bestreken was, was ongedeerd. De bodem van het droge kerkhof bestond uit vast leem, met weinig zand vermengd. In den gemumificeerden buikwand werd geen arsenicum gevonden.

Er moeten dus oorzaken aanwezig geweest zijn, buiten het toegediende arsenicum, (dat trouwens in het eerste geval niet eens kon aangetoond worden en

in het laatste geval in den gemumificeerden buikwand gemist werd) waardoor niet alleen de lijken, maar ook de kisten en zelfs de merkteekenen van het hemd na betrekkelijk langen tijd, zóó goed bewaard zijn gebleven. Voor de beide laatste gevallen is eene dier oorzaken te vinden in den bodem der kerkhoven; in de laatste Waarn. wordt daaromtrent niets medegedeeld.

Zoo blijven er dus van de 17 gevallen van mumificatie slechts drie over, waarin het mij niet gelukt is van het verschijnsel eenige verklaring te vinden, namelijk in Waarn. **4, 6, 56**. Hierbij merk ik evenwel op, dat in al deze gevallen de ontbinding over het algemeen zeer ver gevorderd en de mumificatie slechts partiëel was en hoofdzakelijk in den buikwand werd aangetroffen. Bovendien zijn de mededeelingen omtrent den aard van het kerkhof voor de eerste twee gevallen gebrekkig of ontbreken geheel.

Ik zal thans eene verklaring trachten te geven van het betrekkelijk veelvuldig voorkomen van mumificatie van den buikwand en verwijs naar de numerieke opgaven daaromtrent op bl. 55.

Wanneer in het verloop der ontbinding het eigen water van het lijk door verdamping verloren gaat en het verlies niet door toevoer van buiten hersteld wordt dan zullen die weeke deelen het eerst uitdrogen (mumificeeren) welke eene betrekkelijk groote oppervlakte hebben en betrekkelijk dun zijn, terwijl de verdamping door het verlies van de opperhuid bevorderd wordt. Men kan aannemen dat deze in de meeste gevallen niet meer aanwezig zal zijn. Aan de door CZERMAK (bl. 5) onderzochte, overigens goed bewaarde mumie uit den St. Michael's kelder te Bordeaux waren slechts zeer onduidelijke sporen van de opperhuid en zelfs van het corpus papillare overgebleven. Aan de hierboven gestelde voorwaarden voldoet de buikwand en ik meen daarin de hoofdreden gevonden te hebben zijner veelvuldige mumificatie. Die meening wordt gesteund door het feit dat andere deelen, die aan dezelfde voorwaarden voldoen, ook vaak in gemumificeerden toestand gevonden worden, b. v. de borstwand, de huid op het borstbeen, van den voorarm, rondom de hand-, knie- en voetgewrichten en die van de handen en vingers. De huid van het voorhoofd, van den neus, van de ooren en de oogleden, benevens die van het behaarde hoofd schijnen hierop eene uitzondering te maken. Men mag hierbij evenwel niet uit het oog verliezen dat voorhoofd, neus, oogleden en ooren in den regel niet door kleederen bedekt zijn, dat vliegen en andere insekten reeds zeer spoedig hunne eieren in de oog- en mondhoeken leggen en dat de genoemde deelen daardoor meer dan andere aan de vernielende werking van maden enz. blootgesteld zijn. Voor het

A 12

behaarde hoofd komt hier nog eene andere reden bij; het haar heeft sterk hygroskopische eigenschappen en wordt ook in den regel zelfs aan tamelijk volledig gemumificeerde lijken zeer vochtig gevonden. De mumificatie van de onder de vochtige haren liggende huid wordt dus daardoor verhinderd.

Voor de mumificatie van den buikwand en ook van den borstwand meen ik nog eene andere reden gevonden te hebben, namelijk de aanwezigheid van wollen kleedingstukken en van wollen gordels om den buik (Waarn. **23**, **56**). Reeds vroeger had ik het voor waarschijnlijk gehouden dat deze niet zonder invloed op het mumificatie-proces zouden zijn. Ik ben echter in die meening versterkt door de reeds vermelde waarneming van KIENE, die onder waarschijnlijk wollen kousen gemumificeerde huidstukken vond aan lijken, waarbij geen spraak was van arsenicum-vergiftiging.

In de bespreking mijner eigene Waarnemingen kan ik, na hetgeen daaromtrent aan het slot van Hoofdstuk III medegedeeld is, zeer kort zijn.

De dertien te Leiden begravene, door ons onderzochte lijken hadden allen in nagenoeg dezelfde omstandigheden verkeerd, wat den aard der kerkhoven betreft. Wanneer men het tijdsverloop na den dood in aanmerking neemt, dan was er, onafhankelijk van de al of niet aanwezigheid en van de hoeveelheid arsenicum, die in de lijken gevonden werd, weinig verschil in het beloop der ontbinding op te merken. Alleen Waarn. VIII maakt hierop een uitzondering; de redenen daarvoor zijn vroeger medegedeeld. De mumificatie van ééne hand (Waarn. VII, XII) kan gereedelijk verklaard worden uit hetgeen ik hierboven aangaande de verdamping van deelen met eene betrekkelijk groote oppervlakte en eene betrekkelijk geringe dikte uiteengezet heb.

Omtrent de bijna volledige mumificatie van het lijk van JOHANNES LEPELAAR (Waarn. XIV) merk ik op, dat die gedeelten der huid, welke naar den bodem der kist gekeerd waren, week en wit van kleur waren en op sommige plaatsen een geheel versch voorkomen hadden. Verder verdient het vermelding, dat de hoeveelheid arsenicum in de lever geringer was dan in andere, niet gemumificeerde lijken en ten slotte dat een ander lijk (Waarn. XVI), hetwelk geen spoor van arsenicum bevatte, zeer duidelijke teekenen van mumificatie vertoonde.

Ten aanzien van het beweren dat vooral de maag en de darmen onder den invloed van het toegediende arsenicum beter bewaard zouden blijven, verwijs ik naar de belangrijke resultaten in Waarn. XV. Hier waren in een lijk zonder arsenicum, dat van 3 Juli 1882 tot 10 Januari 1884 (dus ruim $1^1/_2$ jaar) onder de aarde gelegen had, de maag en darmen zóó goed bewaard gebleven,

dat zelfs met zekerheid kon uitgemaakt worden, welk voedsel de man het laatst gebruikt had.

Alvorens de gevolgtrekkingen mede te deelen, waartoe ik door al het voorafgaande gekomen ben, wensch ik nog op het volgende de aandacht te vestigen.

De graad van ontbinding der lijken van met arsenicum vergiftigde personen is in de eerste dagen na den dood (vóór de begrafenis) hoofdzakelijk afhankelijk van het jaargetijde, d. i. van de temperatuur der lucht. Wij zagen verder dat in sommige gevallen de ontbinding in het graf snel, in andere daarentegen langzaam verloopt. Voor het langzaam beloop der ontbinding kon bijna altijd eene voldoende verklaring gevonden worden buiten den invloed van het toegediende arsenicum.

Waar het nu voor vele gevallen bewezen is dat het toegediende arsenicum geen invloed heeft op het beloop der ontbinding en op het stand komen der mumificatie, terwijl voor bijna al de overblijvende gevallen de vermoedelijke oorzaak der mumificatie elders gevonden kon worden, meen ik gerechtigd te zijn tot de volgende besluiten:

1⁰. Mumificatie van lijken is een zeer algemeen verschijnsel;

2⁰. Contrôle-waarnemingen van anderen en van mij zelven bewijzen dat arsenicum-vrije lijken, onder dezelfde omstandigheden verkeerende als arsenicum-houdende, even goed bewaard blijven en ook mumificeeren;

3⁰. De betrekkelijk veelvuldige mumificatie van den buikwand en den borstwand, van de huid rondom de hand-, knie- en voetgewrichten en van de huid der handen en vingers (voeten en teenen) is, onafhankelijk van den invloed van arsenicum, zeer goed te verklaren;

4⁰. Er bestaat geene z.g. arsenicum-mumificatie;

5⁰. De mumificatie der lijken is uit een gerechtelijk-toxicologisch oogpunt zonder eenige waarde.

Ten slotte wensch ik de vraag te beantwoorden, waardoor het leerstuk der arsenicum-mumificatie zich tot dusver in de gerechtelijke geneeskunde heeft kunnen staande houden. Ik meen dat hierop een zeer eenvoudig antwoord te geven is. Het leerstuk, door WELPER en zijne aanhangers het eerst verkondigd, scheen aanvankelijk door nieuwe waarnemingen en opzettelijke proefnemingen

bevestigd te worden en werd daardoor meer algemeen aangenomen. Slechts weinig gerechtelijk-geneeskundigen zijn in de gelegenheid geweest om, door het onderzoek van een voldoend aantal arsenicum-houdende lijken, zich omtrent dit punt eene eigene overtuiging te vormen. Uit gebrek van eene op eigen ervaring steunende overtuiging, nam men de meening van anderen aan. Zoo is het mij althans gegaan. Toen ik met het onderzoek der lijken in de zaak van Vrouw VAN DER LINDEN begonnen was en in de eerste lijken arsenicum gevonden werd, verwachtte ik een aantal gemumificeerde lijken te zullen vinden. Die verwachting werd niet bevredigd. Daardoor ontstond weldra de twijfel en later de overtuiging, waarvan ik hierboven getracht heb rekenschap te geven.

Leiden, Mei 1885.

STOOMDRUKKERIJ DE ROEVER KRÖBER-BAKELS.

BIJDRAGEN TOT DE KENNIS

VAN DEN

ALLUVIALEN BODEM IN NEDERLAND.

DOOR

J. M. VAN BEMMELEN.

Uitgegeven door de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam.

MET VIER KAARTEN.

AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER.
1886.

BIJDRAGEN TOT DE KENNIS

VAN DEN

ALLUVIALEN BODEM IN NEDERLAND.

DOOR

J. M. VAN BEMMELEN.

I. De bodem van het voormalig IJ.
II. De samenstelling van de nieuwe zeeklei in het IJ en in de Zuiderzee.
III. De samenstelling en de vorming van de zure gronden.

Uitgegeven door de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam.

MET VIER KAARTEN.

AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER.
1886.

I. DE BODEM VAN HET VOORMALIGE IJ.

INHOUD.

EERSTE VERHANDELING.

TWEEDE VERHANDELING.

DERDE VERHANDELING.

B IJ L A G E.

1ste VERHANDELING.

DE BODEM VAN HET VOORMALIGE IJ.

DOOR

J. M. VAN BEMMELEN.

In de jaren 1870—1873 is de IJboezem door eenen dam bij Schellinckwoude nabij Amsterdam afgesloten geworden van de Zuiderzee, en door den aanleg van eene reeks van dijken tot een scheepvaartkanaal en tien polders gemaakt. Aan deze polders zijn de volgende namen gegeven:

Wijkermeerpolder.
West Spaarndammerpolder.
Oost Spaarndammerpolder.
Houtrakpolder.
Groote IJpolder.
Amsterdammerpolder.
Noordpolder.
Zaandammerpolder.
Westzanerpolder.
Nauernapolder.

Te zamen eene oppervlakte van bijna 6000 hectaren.

Op uitnoodiging van het Bestuur der voormalige Amsterdamsche Kanaalmaatschappij, welke het groote werk heeft uitgevoerd, heb ik achtereenvolgens al deze polders plaatselijk onderzocht, meer dan driehonderd boringen verricht (over de oppervlakte regelmatig verspreid), en de plekken, waar eene afwijkende grondgesteldheid zich voordeed, meer in bizonderheden onderzocht.

De uitkomsten van dat onderzoek, voor zooverre het de waarde van den bo-

*

dem betreft, zijn in acht Verslagen neergelegd [1]). Hetgeen uit een geologisch en agronomisch oogpunt van eenig belang schijnt, wensch ik te dezer plaatse mede te deelen.

De hier bijgevoegde kaart maakt aanschouwelijk, welke stukken van den ouden IJbodem nog aan de oppervlakte overgebleven waren, en tevens de dikte van de nieuwe kleilaag die den ouden bodem bedekt.

I. De vroegere toestand van het IJ, en de overblijfselen der oude grondlagen.

De IJboezem is gelegen in de lage veenen van Holland.

Vóór de wording der Zuiderzee moet ook daar ter plaatse een veenbodem geweest zijn vol grootere en kleinere plassen of poelen.

De Zuiderzee is tusschen 1170 en 1395 ontstaan door het wegslaan van veenland. Op dezelfde wijze is de Dollard ontstaan tusschen 1277 en 1545.

De vier veenplassen, de Oude Meer, Spiering Meer, Haarlemmer Meer, Leidsche Meer zijn door afslag en verveening steeds vergroot en tusschen 1500 en 1600 tot een groot meer vereenigd: den tegenwoordigen Haarlemmermeerpolder. Zoo moet ook het IJ, toen het Zuiderzeewater zoover was doorgedrongen, ontstaan zijn door afslag, zoodat de bestaande kleinere poelen zich tot eenen boezem vereenigden.

De verdere uitbreiding van deze meeren en zeeboezems is door bedijking voorkomen bijv.: in Groningen aan den Dollard door den zeedijk van 1545, in het IJ door de bedijking van de beide oevers, in Friesland en Noord-Holland door zware zeedijken aan de oevers der Zuiderzee, terwijl de binnenmeeren in Holland allengs zijn drooggemalen en ingepolderd.

Dat het IJ zijne tegenwoordige uitgestrektheid door den afslag van veengrond heeft verkregen, wordt bevestigd door de overblijfselen der oude gronden, welke daarin terug gevonden zijn.

Uit hetgeen omtrent de lagen in de Hollandsche veenformatie bekend is, — ook uit Hartings onderzoek van 8 diepe putboringen in Amsterdam — volgt, dat in het algemeen de veenlaag eene dikte bezit van 4 tot 5 Meters, en dat zij rust op eene laag zeeklei (door Harting blauwe klei genoemd). Deze blauwe

[1]) Amsterdam. B. van der Land, 1873—1878. Daarbij zijn gevoegd een groot aantal profielen van de boringen, en uitvoerige kaarten op welke al de boorplaatsen aangegeven zijn.

klei heeft eene dikte van 1—3 Meters en gaat geleidelijk in zeezand (met veel koolzure kalk) over.

Deze grondgesteldheid heb ik overal in het IJ aangetroffen. Alle waarnemingen te zamen leiden tot het besluit: 1°. dat nog een deel dier oude veenlaag bestaat, 2°. dat op enkele plaatsen eilandjes of schiereilandjes waren overgebleven, en 3°. dat zich in den geheelen boezem eene nieuwe kleilaag heeft gevormd, welke klei door het zeewater sinds de laatste vijf eeuwen is aangevoerd geworden.

De blauwe klei en het zeezand.

Op meer dan 130 boorplaatsen [1]) werd de blauwe klei aangetroffen op verschillende diepte beneden de oppervlakte, doch ongeveer op dezelfde diepte beneden A. P., meestal 4.3 M.—A. P. De cijfers wisselden af tusschen 4 en 4.8 M.—A. P.; zij zijn tamelijk nauwkeurig. Het niveau des bodems op de plaats van boring heb ik bij benadering uit de cijfers der peilingen afgeleid, die op de polderkaarten der kanaalmaatschappij in groot aantal aangeteekend waren. Daar de grond, toen ik dien onderzocht, nog zeer weinig of niet ingeklonken was, zoo kunnen de fouten der metingen niet groot zijn, zoodat een gemiddeld cijfer van 4 tot 4.5 M.—A. P. mag aangenomen worden, als het niveau op hetwelk de oppervlakte der blauwe kleilaag ligt, en dus de veenlaag eindigt.

Dit geldt niet voor de polders in het voormalig Wijkermeer (de Wijkermeer-, West- en Oostspaarndammerpolders) en den westelijken uithoek van den Houtrakpolder. Dit gedeelte van het IJ, uitgezonderd langs Buitenhuizen, ligt in of nabij de duinzandformatie. De nieuwe klei is op zeezand afgezet.

Deze *blauwe klei* is dezelfde, die overal in de Nederlandsche laagveenformatie, in Groningen, Friesland, Holland, op eene diepte van 4—5 Meters —A. P. (soms nog dieper) onder het veen gelegen is, en eene dikte bezit van 1—3 Meters; zij gaat geleidelijk over in zandmergel; deze klei- en zandlagen te zamen heb-

---

[1]) Deze boringen waren over de geheele oppervlakte verdeeld:

			—A. P.
Noordelijk van het groote scheepvaartkanaal:			
Westzaner en Zaandammerpolder	25	boringen ±	4 M.
Noordpolder	15	〃 〃	4 à 4.9 M.
Nauernapolder	8	〃 〃	4 à 4.5 〃
Zuidelijk van het kanaal:			
Houtrakpolder	4	〃 〃	4 à 4.5 〃
Groote IJpolder	66	〃 〃	4 à 4.5 〃
Amsterdammerpolder	2	〃 〃	4 à 4.9 〃

ben onder Amsterdam eene dikte van ongeveer 5 M. en reiken dus tot ± 10 M.—A. P.

De zamenstelling der blauwe klei heb ik vroeger uitvoerig beschreven [1]). Zij vormt een groot deel van den tegenwoordigen bodem des Haarlemmermeerpolders, en in het algemeen van de Noord- en Zuidhollandsche droogmakerijen. Zoo bijv. vond ik haar overal onder het lage veen in den Legmeerpolder [2]).

In de overgebleven eilandjes vangt deze kleilaag op eene geringere diepte aan; hare oppervlakte ligt op ongeveer 2 M.—A. P. — waarover nader.

Het zeezand, in hetwelk de blauwe klei overgaat, komt overeen met duinzand, en het zand der zandbanken en zandplaten, zooals die aan de kusten en in de Zuiderzee gevonden worden. Het is rijk aan koolzure kalk en schelpen. Dezelfde zamenstelling bezit het zeezand, hetwelk in de Wijkermeer- en de Spaarndammerpolders onder de nieuwe klei ligt. Het behoort tot de duinvorming en is niet als eene nieuwe IJvorming te beschouwen. Op verscheidene plaatsen bleek het, dat de bovenste laag van dit zeezand van koolzure kalk beroofd was en veendeelen inhield, hetgeen natuurlijk aan de inwerking van het veen is toe te schrijven, dat vroeger daar aanwezig is geweest.

Het lage veen en de darg.

Aan den noordelijken rand der vier polders, ten noorden van het groote scheepvaartkanaal, reikt het veen tot aan of tot nabij de oppervlakte, en is dus niet of slechts met eene dunne laag nieuwe klei bedekt (zie de kaart). Zij heeft daar eene dikte van ruim 3 Meters. Zij neemt dan in zuidelijke richting in dikte af, tot $^1/_2$ Meter of minder, b. v. in den Westzanerpolder:

Aan den noordelijken rand	2.7 M.
Tusschen dezen en den Hoofdtocht. . .	1.2 „
Aan den Hoofdtocht.	0.8 „
Aan den Kanaaldijk	0.5—0.2 M.

Naarmate de veenlaag dunner is, is de nieuwe kleilaag daarboven dikker, zoodat de som der beide lagen overal even groot is, waar de oppervlakte hetzelfde niveau bezit ten opzichte van A. P. [3]).

In de polders ten zuiden van het scheepvaartkanaal, den Amsterdammerpolder,

---

[1]) Bouwstoffen tot de kennis van de kleigronden der provincie Groningen in *Scheik. Verhand. Onderz.* uitgegeven door G. J. MULDER, Deel III, Stuk 2, blz. 168—190.

[2]) Vijf en twintig boringen tusschen de Amstelveensche tocht en den Schinkelweg.

[3]) Zie daarover uitvoerig het tweede der genoemde Verslagen.

den Grooten IJpolder, en den Houtrakpolder, vindt men dezelfde gesteldheid; de overgeblevene veenlaag is over het algemeen niet dikker dan 0.2—0.6 M.; soms ontbreekt zij bijna geheel; aan de randen is slechts hier en daar eene dikkere laag overig, bijv. in den zuidoostelijken hoek langs den Overbraker-buitenpolder, waar eene strook veen niet met nieuwe klei bedekt is, en dus het veen wel 3—4 Meters dikte bezit. In het algemeen: waar voormalig buitenland aanwezig is, zooals de Overbraker-buitenpolder, de Spieringhorner-buitenpolder, De Heijningh, Buitenhuizen, is er langs hunne oevers meer van de oude veenlaag overgebleven, en wordt daarentegen de nieuwe kleilaag dunner gevonden.

Dit geldt ook voor de overgeblevene eilandjes Janrebellenwaard, de Hoorn, Ruigoord. Het eilandje Buyten-Heyning bestaat geheel uit eene ± 3 Meter dikke veenlaag; het is blijkbaar een overgebleven stuk van het schiereilandje de Heyning, en vroeger daarmede vereenigd geweest. Op de kaart is zulks gemakkelijk te herkennen [1]).

Uit dit alles laat zich met zekerheid afleiden dat het IJ, behoudens kleine poelen en meertjes, vroeger met eene veenlaag van ruim 4 Meters opgevuld was, en dat in lateren tijd dit veen grootendeels is weggeslagen, zoodat de poelen en meertjes zich tot een grooten boezem hebben vereenigd.

In het voormalig Wijkermeer was de veenlaag dunner, omdat daar (behalve in eene strook westelijk langs Buitenhuizen) de duinzandvorming aanvangt, en het zeezand zooveel hooger ligt.

II. De eilandjes en het voormalige buitendijksland.

Daartoe zijn te brengen de eilandjes:

A. Ruigoord *B. de Hoorn*	deze waren vóór de droogmaking bedijkt en weideland.
C. Jan Rebellenwaard *D. Buiten Heyningh* *E. Hoeksnes*	op de oude kaarten nog voorkomende, maar sinds de laatste honderd jaar door afgraving en afslag zooveel afgenomen, dat zij onder het water bedolven lagen.

en bovendien:

---

[1]) Den rand langs den Inlaagpolder heb ik niet nauwkeurig genoeg onderzocht om zeker te zijn, of het veen ook daar meer dikte dan 0.5 M. bezit.

F en *G*. Twee eilandjes reeds op de oudste kaarten ontbrekende, doch door mij teruggevonden. Zij zijn met eene dunne laag nieuwe IJklei bedekt.

Tot de stukken voormalig buitendijksland (buitendijken genaamd) behooren: (H) *Buitenhuizen*, (I) de *Inlaagpolder*, (K) het *Heijningpoldertje*, (L) het *Spieringhornerpoldertje*, (M) de *Overbrakerpolder*, welke allen door dijkjes beschermd waren; bovendien enkele stukken onbedijkt land, zooals dat in den tegenwoordigen Noordpolder (N).

Bij het onderzoek van die eilandjes en van het Buitendijksland des Noordpolders is gebleken: dat ook de aardlagen, waaruit zij bestaan, aanwijzen dat zij van oude vorming zijn, en dat zij gedeeltelijk uit klei bestaan.

Buitenhuizen bestaat ten deele uit spierklei. De blauwe kleilaag reikt daar dus veel hooger dan in het IJ. Tegen dezen polder aan rijst dan ook de blauwe kleilaag. *Ruigoord* heb ik niet onderzocht, maar bij de zuidpunt werd de blauwe klei reeds op 1.4 M.—A. P. aangetroffen onder het veen.

De Hoorn bestaat uit ongeveer 1 M. klei boven veen. In de strook, oostelijk langs het eiland, reikt de blauwe klei tot op 2.2 —A. P. [1]). De veenlaag is dunner dan overigens in het IJ.

Van *Hoeksnes* geef ik deze profielen:

Op het eilandje:

A. P.		
Thans water	1.2	verdwenen grond veen of klei
Veen	1.6 tot 2.4	
Spierklei	2.95	
Blauwe klei met $CaCO_3$	3.7	
Veen	4.2	
Blauwe klei		

Aan den rand waar reeds nieuwe IJklei bezonken is:

A. P.		
Water	1.2	Oude grond verdwenen
Nieuwe IJklei	2.2	
Veen	2.4	
Spierklei Blauwe klei	3.9	
Veen	4.2	
Spierklei Blauwe klei	4.9	

[1]) Bijv. op eene plaats nabij den zuiderrand tot op 1.6 M. A. P. onder eene overgeblevene laag van 0.6 veen.

Een twaalftal boringen binnen en om dit eiland wijzen allen aan, dat de bovenlaag uit veen of veenige klei bestaan heeft; en dat boven de laag blauwe klei, die ook hier evenals overal in het IJ op ongeveer 4.2 M.—A. P. aanvangt, zich niet eene veenlaag bevindt, maar eene opvolging van drie lagen: veen, klei, veen of veenige klei. Op de kaart is aanschouwelijk gemaakt dat het eiland oorspronkelijk grooter is geweest; een deel bevat slechts een schilletje nieuwe IJklei en is wit gelaten. Daaromheen is door drie ringen aangegeven, hoeveel de nieuwe klei allengs in dikte toeneemt tot 0.5, 1 en 2 Meters. Waar nu die nieuwe laag IJklei dunner ligt, is ook de blauwe klei hooger aangetroffen onder die IJklei.

De *Janrebellenwaard* vertoont denzelfden toestand als Hoeksnes. In 1594 was het nog van beteekenis als eiland, en werd als grasland gebruikt. In 1746 verhief het zich nog boven het water in zijnen tegenwoordigen vorm; de bovenlaag bestond uit klei. Maar door afgraving dezer klei is het onder den waterspiegel gekomen. Allengs is het aan de randen met eene nieuwe kleilaag bedekt geworden (zie de kaart); die kleilaag neemt dus aan alle zijden van het eiland in dikte toe, naarmate zij zich van het eiland verwijdert.

Op eene diepte van 4.2 à 4.4 M. ligt weder de gewone laag blauwe klei, maar daarboven treft men dezelfde afwisseling aan van klei en veen als op *Hoeksnes*. Hetzelfde geldt voor de beide door mij teruggevonden eilandjes ten westen van *de Hoorn*.

Janrebellenwaard (C) [1]) (Amsterd. polder).

Laag	A.P.
Water	1.1 à 1.3
Spierklei	1.6 à 1.8
Veen	3 à 3.4
Spierklei	3.4 à 3.8
Veen	4.2 à 4.4
Blauwe klei	

Verdwenen Eilandje (F) (Groote IJpolder).

binnen het eilandje 2)

Laag	A.P.
Water	1.3
Nieuwe IJklei	1.5 a 1.8
Darg	2.0
Blauwe klei	3.2
Veen	
zeezand	

randen om het eilandje 3).

Laag	A.P.
Water	1.4
Nieuwe IJklei	2.4 { toenemend tot 3.2
Blauwe klei	3.0
Veen	3.9 à 4.0
Blauwe klei	

Verdwenen Eilandje (G) 4) (Groote IJpolder).

Laag	A.P
Water	1.4
Nieuwe IJklei	1.8
Darg	2.0
Spierklei	2.5
Blauwe klei (met $CaCO_3$)	3.3
Veen	4.0
Ligte blauwe klei, gaat over in zeezand	

[1]) 1) Afgeleid uit 3 boringen, 2) uit 7 boringen, 3) uit 9 boringen, 4) uit 5 boringen.

Het eerste der teruggevonden eilandjes rust blijkbaar op eene zandbank. De blauwe klei is veel zandiger en gaat op eene geringere diepte in zeezand over, dan elders het geval is.

Dit alles bewijst genoegzaam, dat deze eilandjes eenen bijzonderen bouw bezitten, in zooverre zij eene kleilaag vertoonen tusschen het veen. Zouden zij daaraan niet hun langer behoud te danken hebben, te midden van het 4 M. dikke veenland hetwelk weggespoeld is? Ik meen dit wel te mogen aannemen.

Tegen de behouden eilandjes en de voormalige buitendijksoeverlanden aan, liggen nog overblijfselen van de dikke veenlaag, die overigens grootendeels verdwenen is. Zoo bijv. tegen *Buitenhuizen*, *Ruigoord*, *Janrebellenwaard*, langs den *Overbrakerpolder* (zie de kaart) en tegen den *Spieringhornerpolder*. Het eilandje *Buytenheyningh* (D), dat grootendeels uit veen bestaat (3 M.), is dus te beschouwen als een overgebleven veenstuk tusschen het, eene hooger gelegen kleilaag bevattende, eilandje *Hoeksnes* en het kleistuk van den *Heyningh*. Het eilandje is vroeger ongetwijfeld verbonden geweest met beiden; dit is mij uit oude kaarten in het archief van Rhijnland voorhanden, gebleken (kaartboek van Rhijnland's eigendommen, opgemeten door den Landmeter JAN PIETERSZ. DOU in 1634).

De vraag doet zich voor, of niet op meer plaatsen in het IJ hooger dan 4 tot 6 M. — A. P. liggende kleilagen tusschen of boven het veen aanwezig zijn geweest, doch later ook door afslag verdwenen. Het is mogelijk. De talrijke boringen hebben echter niet meer gevallen aan het licht gebracht, tenzij in de onmiddellijke nabijheid der eilandjes of vroegere buitendijkslanden [1]), welke plaatsen alzoo nog de bizondere gesteldheid van het eilandje deelen. Overigens, als er nog meer eilandjes, of althans hooger dan tot 3 M. — A.P. reikende kleilagen aanwezig waren of geweest waren, zoude de opgeworpen aarde der pas-

---

[1]) Bij Ruigoord.

Laag	
Water	1.00
Nieuwe IJklei	1.1
Veen	1.3
Spierklei	2.6
Blauwe klei (met $CaCO_3$)	3.2
Wordt zavel	

Bij Overbrakerpolder.

Laag	
Water	1.7
Nieuwe IJklei	2.3
Veen	2.9
Blauwe klei	3.8
Veen	4.9
Spierklei	
Blauwe klei	

gegraven tochten en kavelslooten uit eene diepte van 1 tot 2, en van 1 tot 3 M. — A. P., welke tijdens mijn onderzoek nog op de wallen lag [1]), zulks verraden hebben, tenzij zij juist tusschen twee tochten ingelegen waren, en de bovenste grondlaag van 0.9 M. reeds uit nieuwe IJklei bestond. Op deze wijze toch heb ik de vier eilandjes *Hoeksnes*, *Buytenheyningh* en de twee onbekende ontdekt. Ik mag dus aannemen, dat tusschen deze eilanden en vroegere buitendijkslanden vroeger overal of bijna overal veen aanwezig is geweest tot op eene diepte van ± 4 M. boven blauwe klei, evenals zulks gevonden is bij zes diepe putboringen onder Amsterdam.

Belangrijk is in dit opzicht dat ter plaatse van de zevende putboring in Amsterdam, die op *Bikkerseiland*, eene dergelijke samenstelling der lagen gevonden is, als welke de eilandjes bezitten. De blauwe klei reikt tot 2.2 M. — A. P.

Amsterdam—Bikkerseiland.

Steigeraarde	A. P.	tot	0.44
Veen	0.44	〃	2.2
Laag Blauwe klei Laag veen Laag Blauwe klei	2.2	〃	7.5
Zeezand	7.5	〃	12.0
Veenachtige klei	12.0		
enz.			

Eene naar het mij toeschijnt belangrijke gevolgtrekking mag men hieruit afleiden; zij is deze: Tusschen de veenvorming in dit gedeelte van het Nederlandsche alluvium, op den grondslag der blauwe klei, liggen overal hier en daar kleibanken tusschen de veenlaag. Deze moeten dunkt mij de groote watervlakte hebben verdeeld in eene reeks van binnenmeeren, tusschen welke de veenvorming gemakkelijker kon plaats hebben, dan in één groot meer.

III. De nieuwe kleilaag.

De klei, die in het IJ uit de Zuiderzee is aangevoerd, mag men beschouwen als dezelfde, welke langs de Hollandsche kusten wordt afgezet. De Rhijn, de

[1]) Uitgezonderd in den Houtrakpolder.

Maas, en de Schelde voeren haar aan; zij bezinkt gedeeltelijk aan de mondingen; voor een groot deel wordt zij door den golfstroom meêgevoerd, die uit het kanaal komt en zich langs de Nederlandsche kusten beweegt. Deze golfstroom legt den afstand van den uithoek van Zeeland tot aan Rottummeroog (dus de geheele lengte van het Nederlandsche zeestrand) in den tijd van elf uren af.

Met den vloed treedt dit slibhoudende water de Zuiderzee binnen. Door het bezinken van deze slib is in het zuidelijk deel der Zuiderzee eene nieuwe kleilaag van 1—3 Meters ontstaan. Vóór de afsluiting bij Schellingwoude drong hetzelfde vloedwater ook den IJboezem binnen; de gelegenheid tot bezinking van de slib was daar gunstig.

De slib moet denzelfden oorsprong hebben als diegene, welke aan de kusten van Friesland, in de Lauwerzee en in den Dollard nog voortdurend bezinkt, en nieuwe kleilagen vormt.

Welke dikte de nieuwe kleilaag in het IJ in 1872, toen de droogmaking aanving, verkregen had, heeft afgehangen:

In de eerste plaats van de dikte der overgebleven veenlaag; in de tweede plaats van de plaatselijke omstandigheden in het IJ, in zooverre zij meer of minder gunstig waren voor de slibafzetting.

1°. *De dikte der nieuwe kleilaag is afhankelijk van de overgeblevene veenlaag.*

Uit hetgeen boven is medegedeeld blijkt, dat de nieuwe kleilaag in het algemeen des te dikker is, naarmate vroeger het veen tot op grootere diepte was verdwenen. Zij bedraagt dus in het eigenlijke IJ, en ook westelijk langs Buitenhuizen:

± 3 M. waar het veen geheel of bijna gedeeltelijk ontbreekt.

„ $2^1/_2$—2 M. waar nog een laagje veen is overgebleven, zooals in een gedeelte van het IJ het geval is.

„ 2—$1^1/_2$ M. in de polders ten noorden van het scheepvaartkanaal, en in een deel van den Amsterdammerpolder, aan welks zuidoostelijken rand zij afneemt van 1 tot 0.2 M.

In het Wijkermeer, behalve westelijk langs Buitenhuizen, ligt 1 tot 3 M. nieuwe klei boven zeezand. In het algemeen is het duidelijk, dat de aanvulling van den zeeboezem met klei het sterkst heeft plaats gehad in het Wijkermeer, en in het zuidwestelijk gedeelte van het IJ.

Langs de voormalige buitendijkslanden en de eilandjes is de nieuwe kleilaag natuurlijk dunner. Op de kaart laat zich dat alles met één oogopslag overzien.

De klei is dezelfde, die in de zuidelijke kom der Zuiderzee gedurende de laatste zeshonderd jaren bezonken is, zooals mij uit het onderzoek gebleken is.

2. *De dikte der nieuwe kleilaag is afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden in het IJ.*

Waar de meeste stroom heeft gegaan, is de ophooging door de nieuw bezonken klei zeker geringer geweest.

In het Wijkermeer stond het minste water: 0.3 toenemend tot 1 M. In het IJ tusschen Buitenhuizen en den spoorwegdijk stond aan den zuideroever 1 à 1.20 M. De diepte bedroeg ter plaatse van het tegenwoordige kanaal 1.60 tot 2.00 M.

De stroom was het sterkst beoosten den tegenwoordigen spoorwegdijk; hier werd de meeste diepte aangetroffen; zij bedroeg in het midden van dit vak meer dan 2 Meters, tot 2.80 toe [1]).

De nieuwe kleilaag had de minste dikte bereikt — slechts 1 à 1.5 M. — in den Amsterdammerpolder langs het kanaal. In het algemeen is de aanvulling van den boezem met slib het hoogst opgevoerd in het Wijkermeer, en in het zuidwestelijk gedeelte van het IJ.

Daarmede is in overeenstemming dat in den Amsterdammerpolder, en ook in het zuidelijke deel van den Noordpolder, eene klei ligt die ligter is dan in het overige gedeelte, dat is: die meer zand en van een grover korrel inhoudt. Bovendien ligt onder een deel van den Amsterdammerpolder eene zandbank [2]). De grenzen daarvan zijn aangegeven door eene lijn. Binnen die lijn ligt, blijkens de boringen (die hier ongeveer een honderdtal bedragen hebben), eene zandlaag met schelpen. In het midden van dit vak (op de kaart aangegeven), vangt de zandlaag aan op eene diepte van 0.6 M. onder den bodem = 2.2 à 2.4M. — A. P., en zakt dan allengs daaromheen 2 M., dus tot 4.3 M.—A. P.

Op de overgeblevene veenlaag of op de blauwe klei heeft zich dus hier ter plaatse eene zandbank gevormd.

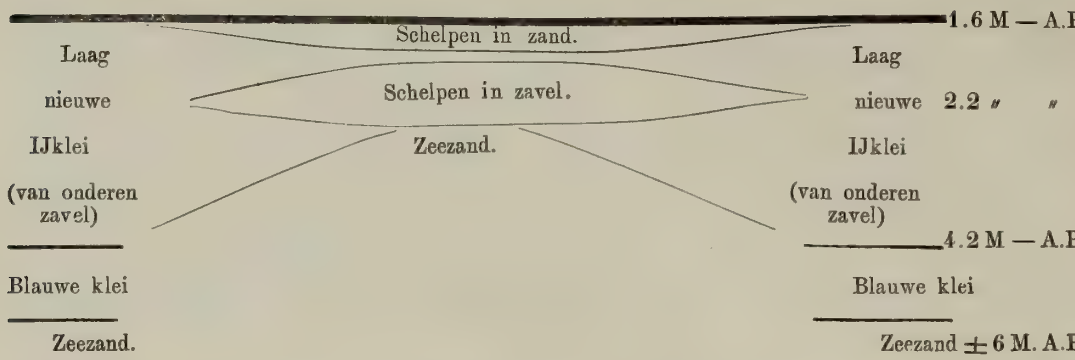
Boven dat zand is eene laag ligtere klei (zavel) afgezet. In 't midden van het vak heeft zich de afzetting van het zand en schelpen herhaald, en is het profiel aldus:

water	1.6 — A.P.
0.3 schelpen en zand	
0.15 tot 0.4 klei	
0.15 schelpen in zavel en zand	
zandbank	

[1]) Na de droogmaking bleek de bodem op deze plaatsen, die men als water had willen behouden [en op de kaarten waren aangegeven als water], zooveel opgehoogd te zijn door het toevloeien van slib gedurende het uitmalen, dat deze vroeger diepere plekken ook droog kwamen.

[2]) Uitvoerig beschreven in Verslag VI aan 't Bestuur der Kanaalmaatschappij.

Uit de vele boringen kan het volgende lengteprofiel afgeleid worden, binnen de lijn:



Dat dit vak van ligtere IJklei, met zand en schelplaagjes, zich nog voortzet in noordoostelijke richting tot in den Noordpolder, mag naar mijn inzien afgeleid worden uit de schelpenrijke plek (aan het kanaal) welke in dezen polder gevonden is (zie de kaart), en waar ook de klei van ligtere hoedanigheid is.

II^{de} VERHANDELING.

OVER DE SAMENSTELLING VAN DE NIEUWE ZEEKLEI IN HET IJ EN IN DE ZUIDERZEE.

De samenstelling van de nieuwe IJklei staat natuurlijk in verband met de meerdere of mindere beweging welke in het IJwater geheerscht heeft. Zooals ik in de vorige verhandeling opmerkte, is over het algemeen eene vrij zware klei bezonken, en slechts in een gedeelte eene meer zandige klei. In de Zuiderzee wordt deze zelfde nieuwbezonken zware klei over eene groote oppervlakte gevonden, voornamelijk in het zuidelijk gedeelte der kom, bezuiden de lijn Enkhuizen--Kampen, evenzoo in de Wieringermeer. Daarnevens komen lagen voor van ligtere klei, van zavel en van zeezand [1]).

In de volgende beschouwingen betreffen de cijfers van samenstelling altijd de aarde uit de oppervlakte van IJ of Zuiderzee afkomstig en bij 110^0 of bij 130^0 gedroogd; tenzij uitdrukkelijk vermeld wordt, dat de aarde uit eene diepere laag afkomstig is, of dat de cijfers op de luchtdroge aarde berekend zijn.

---

[1]) In 1866 hebben Dr. T. J. Stieltjes en Hoofd-Ingenieur J. A. Beijerinck 123 boringen in de zuidelijke kom der Zuiderzee verricht, tot op eene diepte van 1$^1/_2$ M., en ruim 300 monsters aarde verzameld. In 1875 volbracht de Ingenieur J. P. Havelaar ter zelfder plaatse 271 boringen tot op eene diepte van 3 Meters en verzamelde 996 monsters. Bovendien zijn 120 boringen door den Heer A. Koot, Rijksopzichter van den Waterstaat, in 1880 onder mijne leiding verricht in het Wieringermeer, over eene oppervlakte van 20 duizend hectaren, en 500 monsters aarde verzameld. Al die monsters heb ik nagezien en qualitatief onderzocht wat hun gehalte aan klei, koolzure kalk, organische stof, enz. betrof. Sommige werden aan een uitvoeriger onderzoek onderworpen.

Van de daarbij verkregene uitkomsten heb ik, ter vergelijking, in deze verhandeling gebruik gemaakt.

I. *Het onderste gedeelte der nieuwe kleilaag.*

Over het algemeen is het onderste gedeelte der nieuwe kleilaag in het IJ rijker aan veendeelen, hetgeen ongetwijfeld daaraan kan toegeschreven worden, dat de klei op het veen bezonken, en dus in den aanvang met de losse bovenlaag van het veen vermengd is geworden. De overgang van veen tot klei is echter niet overal even geleidelijk; soms is die veel scherper, zoodat de geheele nieuwe kleilaag weinig in samenstelling verschilt.

Die met veen gemengde klei is donkerder van kleur en bevat minder koolzure kalk. Dit verschijnsel is algemeen; menging van veendeelen heeft vermindering van koolzure kalk ten gevolge. Twee redenen zijn daarvoor aan te geven: vooreerst dat er kalkhumaat gevormd is, zooals ik in de volgende verhandeling over de zure gronden nader zal bewijzen (Hoofdstuk III, *c*); ten tweede dat in het veen na de vermenging met klei weder vermeerdering van die scheikundige werking heeft plaats gehad, door welke koolzuur ontstaat, hetwelk koolzure kalk oplost en wegvoert. De CO_2 bepalingen in eene reeks monsters op verschillende diepte, voorkomende op Tafel IV *b*, maken de vermindering van $CaCO_3$ zichtbaar. Bovendien heb ik bij zeer vele boringen waargenomen (door behandeling der aarde met zoutzuur), dat het koolzurekalkgehalte geringer was als de klei veenachtig was, en dat het zeer weinig bedroeg als de klei in darg overging.

In het onderste gedeelte der nieuwe kleilaag, zoowel in het IJ als in de Zuiderzee, komen mengsels van klei met meer of minder veen voor, die tot 50 pCt. gloeiverlies geven.

II. *De zeewaterzouten in de nieuwe kleilaag (chloruren en sulphaten).*

Al de onderzochte monsters zijn kort na de droogmaking door mij gestoken. Vandaar dat de klei nog rijk was aan brakwaterzouten: chloornatrium, magnesium-chloruur of sulphaat en gips. Die hoeveelheid was echter zeer afwisselend.

1 *Chloruren.* Het gehalte aan chloor werd gevonden van 0.15 tot 1.3 pCt. beantwoordende aan 0.4—2.1 pCt. keukenzout, in 14 monsters uit verschillende polders [1]).

[1]) De letters achter de cijfers geven de polders aan: Z. = Zaandammer-, W. Z. = Westzaner-, S. = Spaarndammer-, H. = Houtrak-, W. = Wijkermeer-, N. = Noordpolder.

0.15 (W.Z.)	0.30 (H.)	0.54 (H)	1.08 (S.)	1.34 (W.)
0.16 (W.Z.)	0.30 (N.)	0.57 (S.)	1.0 (S.)	
0.21 (Z.)	0.33 (Z)	0.55 (W.)		
		0.61 (W.)		
		0.49 (N.)		

Deze verschillen kan ik niet met den tijd in verband brengen, die verloopen was sinds het droogvallen des polders, toen ik het monster verzamelde.

In den ondergrond op 0.5—1 M. werd gevonden:

op 0.5—1 M. (N.) . . . . 0.66 pCt. Chloor
op 0.5—1 M. (W.Z.) . . . . 0.69 „ „
op 0.6 M. (Z.) . . . . 0.39 „ „

Het normale chloorgehalte van de IJklei mag als 0.5 tot 0.7 pCt. aangenomen worden. Immers, in verscheidene monsters vette klei, nog onder water bedolven, uit de Zuiderzee, en evenzoo in versch Dollardslib is gevonden:

	Zuiderzee (bezuiden de lijn Enkhuizen—Kampen) 5 monsters	*Wieringermeer* 6 monsters	*Dollard*
pCt. chloor	0.58—0.7	0.5—1.1	0.7

Schijnt dus 0.7 pCt. het normale cijfer te zijn, zoo kan ik de lagere cijfers slechts daaruit verklaren, dat op het oogenblik dat de monsters werden gestoken, de regens reeds zout uit de bovenlaag naar beneden hadden gespoeld; terwijl de hoogere cijfers 0.9 tot 1.2 pCt. daaraan moeten toegeschreven worden, dat eenigen tijd droogte had geheerscht, of dat in den eersten tijd na de inpoldering de eene plek droger is geweest dan de andere. Op zulke drogere plaatsen werd zouthoudend water uit den ondergrond opgezogen en op die wijze tijdelijk het zout in de bovenlaag opgehoopt. Ik heb dit zout zelfs als een witten uitslag op sommige plaatsen waargenomen.

De groote verschillen, op zoo korten tijd na de inpoldering waargenomen, bewijzen opnieuw de groote bewegelijkheid van de oplosbare chloruren in den bodem.

Nadat de polders in bebouwing gekomen en geregeld bemalen zijn, moeten de chloruren allengs verwijderd zijn geworden, vooral uit de bovenlaag. Die

uitspoeling heeft zoolang plaats, totdat het gehalte tot ongeveer 0.02 pCt. gezonken is.

Van de ziltigheid des bodems heeft men dan ook na korten tijd geen overlast meer gehad [1]).

Zwavelzuur. Uit de versche klei werd door water niet meer opgelost (in 12 monsters) dan 0.1 tot 0.5 pCt. SO_3, als gips berekend 0.17 tot 0.85 pCt.

Tien monsters uit zeven der IJpolders. .	0.1 —0.4	pCt. SO_3
Twee monsters ondergrond op 0.5 M. . .	0.12—0.13	" "
Twee monsters Zuiderzee	0.36—0.53	" "
Zeven monsters Wieringermeer	0.18—0.36	" "

Doch er is meer zwavel in deze versche zeeklei opgehoopt in den vorm van pyriet, en een gedeelte daarvan was reeds weder geoxydeerd. In het monster versche IJklei uit den Houtrakpolder, dat uitvoerig werd geanalyseerd, werd gevonden:

In water oplosbaar . . . . . . 0.1 pCt. en	0.27	pCt. SO_3 [2])
In zoutzuur "	0.34	" "
Als FeS_2 aanwezig 0.44 pCt. S = ...	1.11	" "
	1.72	pCt. SO_3.

[1]) Hoe snel de uitspoeling van de chloruren plaats heeft, zoodra de aan de zee ontwoekerde akkers aan eene krachtige bemaling worden blootgesteld, is in de IJpolders gebleken. De Wijkermeerpolder is in 1872, de Zaandammerpolder en de Houtrakpolder in 1873 drooggemalen. De koolzaadoogst van 1874 was zeer voldoende. In het droge najaar van 1874 werd zoutuitslag en eene ongunstige inwerking daarvan op het wintergewas waargenomen, en in het koude en droge voorjaar van 1875 schenen zoowel de zomer- als de wintergewassen te zullen mislukken. Maar toen de regens en de warmte kwamen, verdween alle zoutuitslag, keerde alles zich ten beste, en doorliepen alle gewassen de verschillende perioden van hunnen groei zonder verdere storing. Ook de aangelegde gras- en klaverweiden hebben bij beweiding aan koeien, paarden en schapen een goed voedsel opgeleverd. Na dien tijd zijn nooit meer klachten over de ziltigheid in den bodem vernomen.

Vergelijkt men dezen goeden afloop met de lijdensgeschiedenis van den Anna-Paulowna-polder (1847), den Waard- en Groetpolder (1844), en vele Zeeuwsche polders, dan valt het groote verschil in het oog. *Dat verschil is alleen aan de bemaling toe te schrijven.* De genoemde polders werden gebrekkig door windmolens bemalen, de IJpolders van het begin af door stoomwerktuigen, welker vermogen in sommige polders later nog versterkt is geworden.

(Zie uitvoerig daarover mijn verslag aan den Minister v. B. Z. over de Zuiderzeegronden. Hoofdstuk IV, bl. 12).

[2]) Ik schrijf aan het langere schudden der aarde met water (bij eene tweede bepaling van het SO_3 in het waterige aftreksel) toe, dat toen 0.27 pCt. SO_3 werd gevonden, terwijl vroeger 0.1 pCt. bepaald was. De cijfers zijn uit de volgende onderling zeer goed sluitende bepalingen afgeleid:

Eene dergelijke uitkomst gaf de ligte klei uit het Wieringermeer:

In water oplosbaar	0.35 pCt. SO_3
„ zoutzuur „	0.05 „ „
Als FeS_2 aanwezig 0.82 pCt. S =. . .	2.05 „ „
	2.45 pCt. SO_3.

Eene klei uit den nieuwen Maasmond, op eene diepte van 7 Meters verzameld [1]), bevatte evenzeer, blijkens mikroskopisch onderzoek, *zeer veel* pyriet. Alle klei, welke onder het brakke of zeewater bedolven ligt, bevat pyriet. In diepere lagen schijnt zelfs het zwavelzuur geheel vastgelegd te worden, grootendeels als pyriet, voor een klein deel als onoplosbaar ferrisulphaat. Immers, het water uit de zeven (55 Meter diepe) putten van Amsterdam, en het water uit eene 180 Meters diepe put te Gorkum, bevatten schier geen zwavelzuur [2]) nevens veel keukenzout. De aarde uit verschillende lagen onder Amsterdam bevat:

		SO_3 in water opl.	SO_3 in zoutzuur opl.	SO_3 (als pyriet aanwezig)
Veenachtige klei op	10 M.—A. P.	0.00	0.27	4.44
Geelgrauwe ligte kleimergel.	17^4 „ „	0.12	0.00	3.33
Diatomeeënklei	44^8 „ „	0.53	0.99	5.76
Digte kleimergel.	54 „ „	0.00	0.47	0.0

Er is veel meer zwavelzuur in de bovengrondsklei van het IJ vastgelegd dan in het brakke IJwater, waarmede de klei was gedrenkt, aanwezig was; immers, die laatste hoeveelheid kan niet veel verschillen van 0.1 pCt.; en dit gehalte werd juist bij de eerste bepaling, in de versche klei, verzameld toen de polder pas drooggelegd was.

	I.	II.
in water oplosbaar		0.27 pCt. SO_3
in zoutzuur oplosbaar	0.61 pCt. SO_3	
als pyriet 0.44 pCt. S =	1.11 „ „	1.44 „ „
	1.72 pCt. SO_3	1.71 pCt. SO_3.

[1]) Dit monster ontving ik van den Heer LEEMANS, Rijksingenieur bij den nieuwen Maasmond.

[2]) Zie HARTING. *Bodem onder Amsterdam*, blz. 208—217 en *Bodem onder Gorkum*, Verhandel. Geolog. Commissie van Nederl., Deel I, Blz. 140.

*

In deze klei is reeds veel pyriet gevormd, binnen de diatomeeën en plantaardige overblijfselen (zie de volgende verhandeling, Hoofdst. II *e*), zoodat eene hoeveelheid van ongeveer 1.5—2.0 pCt. SO_3 is opgehoopt geworden in den vorm van pyriet. Daarvan is nu weder een klein deel geoxydeerd, gedurende den korten tijd dat de vochtige klei aan de lucht is blootgesteld geweest. Immers, water heeft niet al het zwavelzuur, maar zoutzuur na water heeft nog een deel daarvan opgelost (0.34 pCt.), hetgeen bewijst dat er eenig onoplosbaar basisch ferrisulphaat in den bodem voorhanden was. Dat de koolzure kalk dit nog niet geheel ontleed heeft, zelfs niet bij het schudden der aarde met eene ruime hoeveelheid water, schijnt vreemd. Het is toe te schrijven: 1° aan de geringe oplosbaarheid van koolzure kalk in water; 2° daaraan, dat dit onoplosbare ferrisulphaat in planten- en dierlijke cellen achtergebleven en dus minder toegankelijk was.

III. *De organische stof in de IJklei.*

Komen in het onderste gedeelte der nieuwe kleilaag in het IJ mengsels van veen en klei voor, die (luchtdroog) van 20 tot 50 pCt. gloeiverlies [een watergehalte van 10 tot 15 pCt. daarbij gerekend] geven, toch heeft de zware klei in de geheele laag een vrij standvastig gehalte aan organische stof. Het gloeiverlies bedraagt, gezuiverd van het verlies aan koolzuur en door de verbranding van de pyriet, bij het monster I (Houtrakpolder) 7 pCt. [6.6 pCt. voor luchtdroge aarde]. Het gehalte aan organische stof daalt met het kleigehalte, zooals uit onderstaande cijfers blijkt, en in zooverre is het gloeiverlies ook een maatstaf voor de geheele samenstelling der klei.

Monsters zeeslib uit het IJ, de Zuiderzee (zuidelijke kom), de Wieringermeer, de Dollard, de Lauwerzee (allen luchtdroog).

Aantal monsters		Gloeiverlies	Water bij 110° uitgedreven
zestien	Zware klei	10 tot 6 pCt.	7—5 pCt.
zeven	Ligte klei	6 〃 4 〃	5—3.5 〃
vier	Zavel	4 〃 3 〃	3.5—2.5 〃
een	Ligte zavel	3 〃 2 〃	2 〃

Het gloeiverlies geeft slechts bij benadering het gehalte aan organische stof aan, doch kan ter vergelijking dienen. Slechts een klein deel daarvan is water, hetwelk boven 110° aan de klei gebonden blijft. Om die hoeveelheid daarvan bij benadering te leeren kennen, heb ik in vier monsters zware zeeklei het

koolstofgehalte en het ware gloeiverlies bepaald, en uit het koolstofgehalte een cijfer voor het humusgehalte afgeleid (zie Tafel VI). Dat cijfer is voorzeker met geene groote nauwkeurigheid benaderd, maar veroorlooft ons toch om aan te nemen, dat de hoeveelheid water, door zware zeeklei bij 110° teruggehouden, ± 2 pCt. bedraagt.

LOGES (*Landw. Vers. St.* 1883, S. 235) vond ongeveer evenveel in één monster zeeslib en vier monsters marschgrond (gedroogd bij 140°):

1.08 1.85 1.96 1.3 2.1 pCt. H_2O.

Hij bepaalde het humusgehalte, door het koolstofgehalte (volgens WOLFF) met 1.724 te vermenigvuldigen.

Naarmate de klei ligter is, dus zandrijker, moet dit gehalte aan water evenredig afnemen.

IV. *Koolzure kalk* (*magnesia*).

De koolzure kalk, met eenige koolzure magnesia, komt in de versche slib in ongelijke hoeveelheden voor, vooral wanneer zij met veen vermengd is (zie boven blz. 16). Vooreerst heeft de aanwezigheid van meer of minder schelpgruis daarop invloed. Doch ook onafhankelijk daarvan schijnt er verschil te bestaan.

De koolzure kalk is ten deele afkomstig van schelpen, ten deele van de pantsers van foraminiferen; hoeveel koolzure kalk daarnevens voorkomt, die geen deel van eenig organisme heeft uitgemaakt, maar als verweeringsproduct van silicaten beschouwd moet worden, is niet te bepalen.

In de ligtere kleisoorten, vooral in de zavel en het zeezand, komen de meeste schelpstukken of gansche schelpen voor, in de zwaardere klei ontbreken meest de schelpen, of zijn zij althans in geringere hoeveelheid aanwezig. In de tafel IV *a* zijn een groot aantal bepalingen van het koolzuurgehalte der carbonaten medegedeeld, berekend op de bij 100° à 110° gedroogde aarde, na verwijdering van grootere schelpbrokjes. Daaruit blijkt dat een gehalte van 4 à 5 pCt. CO_2 in de versche klei van IJ, Zuiderzee, Dollard, enz., het meest voorkomt, welke hoeveelheid kan rijzen tot 10 pCt., en in de zavel en het zeezand, na verwijdering der schelpstukjes, kan dalen tot 1 pCt. CO_2. Is de aarde met veel veendeelen gemengd, dan daalt het gehalte aan CO_2 belangrijk, en kan zelfs geheel verdwijnen.

Dit koolzuur is grootendeels aan kalk gebonden, voor een klein gedeelte aan magnesia. Zoo werd in 8 monsters IJklei gevonden:

7—10 pCt. koolzure kalk en ongeveer 1 pCt. koolzure magnesia.

Dezelfde hoeveelheid komt voor in het slib van de Weser en de Jahde: 4.7 tot 6 pCt. CO_2.

De zavelklei en vooral het zeezand bevatten de koolzure kalk grootendeels als grootere stukjes, schelpen en schelpbrokken. Aangezien ik deze vóór de analyse zooveel mogelijk uit de aarden verwijderd had, zijn de cijfers van het koolzuurgehalte meest lager gevonden dan bij de kleisoorten. De zwaardere klei bevat de koolzure kalk in een staat van zeer fijne verdeeling, hetgeen uit het oogpunt van vruchtbaarheid een veel gunstiger toestand is.

V. *Het Phosphorzuur.*

Het is merkwaardig, hoezeer het phosphorzuurgehalte zich in de klei binnen enge grenzen gelijk blijft. Ik vond in acht monsters nieuwe IJklei, evenals in vier monsters Zuiderzeeklei (zuidelijke kom) en in twee monsters Wieringermeerklei[1]), allen tot de zwaardere kleisoorten te rekenen, een gehalte aan:

$$0.15 \text{ tot } 0.17 \text{ pCt. } P_2O_5 \text{ (aarde bij } 110^0 \text{ gedroogd).}$$

Dit gehalte stemt overeen met hetgeen gewoonlijk in klei gevonden wordt, ook als zij in bebouwing is.

Adriaansz[2]) vond, naar eene betrouwbare methode van phosphorzuurbepaling in slib van de Maas, de Waal, de IJssel, en klei op Ameland aangespoeld:

$$0.19^6 \qquad 0.17 \qquad 0.21 \qquad 0.14 \text{ pCt. } P_2O_5.$$

---

[1]) 8 monsters IJklei uit vier polders:

0.17^5 0.17 0.17 0.16^7 0.15^8 0.17^7 0.15^1 0.15 pCt.

Zure klei uit Buitendijksland, rijk aan veendeelen, Amsterdammer IJpolder

0.14 pCt.

4 monsters Zuiderzeeklei, zuidelijke kom (Boringen Stieltjes n° 96, 128, 430 Havelaar n° 49):

0.18 0.16 0.15 0.15 pCt. P_2O_5.

2 monsters klei Wieringermeer (Boringen n° 38 en 6):

0.15^3 0.14 pCt. P_2O_5.

4 monsters ligtere Zuiderzeeklei (Boringen Havelaar n° 151, 193, 245, 257 Stieltjes n° 47):

0.13 0.12 0.10 0.09^5 0.09^5 pCt. P_2O_5.

2 monsters zavel Zuiderzee (Boringen Havelaar n°. 229 en 66:

0.09 0.08 pCt. P_2O_5.

1 monster zeezand Zuiderzee (Boring Stieltjes):

0.06 pCt. P_2O_5.

[2]) *Maandblad der sectie Natuurwetensch. van het Genootschap van Natuur- Genees- en Heelkunde te Amsterdam,* Jaargang I, 1870, n°. 4, blz. 13.

De daar medegedeelde analyse van 0.36 pCt. P_2O_5 in klei uit Friesland moet eene Terpaarde betreffen. Want zulk een hoog gehalte komt in de alluviale klei van Nederland niet voor.

FLEISCHER vond in slib van den Dollard, van de Weser bij Bremerhaven en van de Jahde bij Wilhelmshaven, evenzoo 0.19 pCt., 0.21 pCt., en 0.15 tot 0.23 pCt. P_2O_5 (BIEDERMANN'S *Centralblatt für Agricultur-Chemie*). Band XIV, pag. 245 (1885).

In de Dollardklei heb ik vroeger (in 1860) het gehalte aan phosphorzuur iets hooger gevonden dan in de IJklei:

Dollardslib 0.26 pCt. in zes Dollardpolders van verschillenden ouderdom } 0.18 tot 0.22 pCt. P_2O_5.

Of dit verschil aan de methode van analyse (die niet dezelfde was als de thans gevolgde) is toe te schrijven, dan wel of Dollardslib een iets hooger phosphorzuurgehalte bezit dan IJklei, zouden nieuwe analysen moeten uitwijzen.

In ligtere kleigronden is het phosphorzuurgehalte kleiner; het daalt tot 0.1 pCt., in zeezand nog lager. Uit de onderzochte ligtere klei, zavel en zeezand, waren de schelpstukken zooveel mogelijk verwijderd.

Het phosphorzuur is als een standvastig bestanddeel der alluviale aarde te beschouwen, dat min of meer gelijken tred houdt met het eigenlijke kleigehalte in de klei.

VI. *Het silicaat.*

De chloruren, sulphaten en carbonaten in de nieuwe zeeklei, — dat is: in de door de zee langs de kusten medegevoerde slib — aanwezig, verdwijnen daaruit allengs, als de bodem aan den invloed van het zeewater onttrokken, op afwatering gelegd, en bebouwd of beweid wordt; hunne hoeveelheid daalt tot een zeker minimum en blijft daarop staan.

Het meest blijvende is dus het silicaat, en daarnevens het humaat. Het laatste zal in een vruchtbaren grond, die bebouwd wordt, niet verminderen. De klei der nieuwe Dollardpolders, waarvan de oudste reeds meer dan 300 jaren in den toestand van bouwland hebben verkeerd, geeft 7—10 pCt. gloeiverlies.

De samenstelling van het silicaat in den bouwgrond is nog niet ontward kunnen worden. Wel kan zij eenigszins toegelicht worden door uitkomsten der slibbingen en der ontledingen met zoutzuur (na verwijdering der chloruren, sulphaten, carbonaten), zwavelzuur en chloorwaterstofzuur.

Wij mogen in de klei aannemen, nevens de humaten:

1⁰ amorphe deeltjes van verweerde silicaten, of colloïdale kleideeltjes. Daarin mag men onderscheiden: zeolithisch silicaat, rijk aan bases, door zoutzuur ontleedbaar, en een kleisilicaat dat zeer moeilijk of niet door zoutzuur ontleed wordt:

2° een fijn scherpkantig gruis, hetwelk uit een aluminium-kaliumsilicaat bestaat;

3° quartskorreltjes en gruis van mineralen (mica, veldspaath enz.)

Door slibbing kunnen deze drie groepen van stoffen, ofschoon onvolkomen, gescheiden worden.

Door de achtereenvolgende behandeling der aarde met zuren, wordt eene scheiding der bestanddeelen te weeg gebracht, die zich aldus laat omschrijven:

Water en verdund azijnzuur lossen uit de aarde de chloruren, sulphaten en carbonaten en een klein deel der humaten op; de hoeveelheden der vier bases (K_2O, MgO, CaO, Na_2O), welke in het zeolithisch silicaat gebonden zijn, onttrekken zij daaraan slechts in geringe mate.

Zoutzuur brengt het losse ijzeroxyde in oplossing en ontleedt de humaten en het zeolithisch silicaat. Van het overige kleisilicaat wordt des te meer ontleed, naarmate de aarde langer en met sterker zoutzuur uitgekookt wordt.

Zwavelzuur ontleedt het door zoutzuur niet ontlede kleisilicaat, en een klein deel der mineraal-fragmentjes. Daarna wordt door fluorwaterstofzuur het mineralen-gruis geheel ontleed, terwijl de kwarts en het kiezelzuur, dat uit de ontlede silicaten teruggebleven is, als fluorsilicium vervluchtigen.

Zonder twijfel is dat gedeelte, hetwelk bij de slibbing zwevend blijft, en gedeeltelijk door zoutzuur ontleed wordt, het belangrijkst bestanddeel der zeeklei en in het algemeen van den bouwgrond.

In het volgende overzicht zijn de uitkomsten samengevat: 1° van de uitvoerige analysen van de zware klei uit het IJ (Tafels I *a* en *b*) en van eene lichte kleisoort uit het Wieringermeer (Tafels II *a* en *b*); 2° van minder uitvoerige analysen van eene reeks van kleisoorten van zeer verschillend kleigehalte (zware en ligte), alle uit de Zuiderzee afkomstig (Tafels III, IV, V).

1. *Samenstelling van het silicaat volgens de slibbing* (Tafel V).

Na uittrekking met zeer verdund koud zoutzuur en uitspoeling met water, waardoor de oplosbare zouten en ook eenig los ijzeroxyde — en daarmede een groot deel van hetgeen de aarddeeltjes aaneengekleefd hield — verwijderd werden, werd de aarde gedurende een geruimen tijd met water gekookt, om zooveel mogelijk den samenhang der deeltjes te verbreken, en de klei uit den toestand van gekorreldheid (coagulatie) tot den pappigen plastischen toestand te brengen. Zooals bekend is, worden door deze behandeling de colloïdale kleideeltjes in den staat van de fijnste verdeeling gebracht, zoodat zij uiterst langzaam in water bezinken, en tot harde stukken opdrogen. In dien toestand laten zij

ook het water niet door. In water zwevend, stollen zij weder tot vlokken, zoodra eene zekere kleine hoeveelheid zuur of zout aan het water is toegevoegd.

Deze aldus toebereide aarde werd gescheiden in drie gedeelten:

a. de in het water na 24 uren nog zwevende amorphe (colloïdale) stof, welke ik *klei* zal noemen;

b. de uit het water na 24 uren bezonken stof, welke ik *kleizand* zal noemen;

c. het bij de slibbing [1]) terugblijvende mengsel van kwartskorrels en mineralen-gruis, dat gewoonlijk *zand* wordt genoemd.

De hierdoor verkregene scheiding is nog verre van volledig. Bij **b** blijft het allerfijnste zand, en **a** is niet vrij van scherpkantig gruis. De slibbing van **a** en **b** zou nog vele malen herhaald kunnen worden, bij wijze van fractionneeren.

Om nu de zwaarte van de kleisoort te leeren kennen, is het raadzaam de onderlinge verhouding der hoeveelheden klei, kleizand en zand te berekenen, na aftrek van de oplosbare zouten en ook van de organische stoffen. Dat overigens deze laatste — over het algemeen — in zekere mate gelijken tred houden met het kleigehalte, heb ik boven uiteengezet. Dit geldt niet alleen voor de versche zeeklei, maar ook voor den bebouwden bodem.

Allerlei mengsels van klei en zand komen bij de Zeeklei voor. De IJklei behoort tot de vrij zware kleisoorten. Ofschoon de cijfers der slibbingen op geene groote nauwkeurigheid aanspraak mogen maken, blijkt het genoegzaam dat de zware klei wel weinig zand, maar toch veel kleizand inhoudt, en dat in 't algemeen de hoeveelheid kleizand in de verschillende kleisoorten minder verschilt dan die van de klei en het zand (zie Tafel V).

Overzicht.

Zeeslib	a	b	c
Acht zwaardere kleisoorten	63—40 pCt.	43—33 pCt.	1 -26 pCt.
Vijf ligtere 〃	37—29 〃	40—26 〃	29—42 〃
Vijf ligtste 〃	25—20 〃	28—18 〃	48—57 〃
Zes zavelsoorten	17—5 〃	17—6 〃	67—89 〃

De in water zwevende klei (**a**) is een amorph zeer samengesteld silicaat.

---

[1]) De slibbing geschiedde in een hoogen cylinder door een zeer zachten stroom water.

De door het water weggevoerde slib werd met zeer veel water in groote glazen, na toevoeging van eenige ammonia, gedurende 24 uren aan bezinking onderworpen, het kleihoudende vocht afgeschonken, en de bewerking zoo noodig een- of meermalen herhaald.

SCHLÖSING slibde naar zijne methode eene zware klei (van Neauphle-le-Chateau) en analyseerde dat gedeelte, hetwelk na een langeren tijd nog in water zwevend was gebleven:

	pCt.	In molec. [1]	$Al_2O_3 = 1$ mol [1]
SiO_2	56.22	18.74	4.4 molec.
Al_2O_3	21.70	4.25	1.0 〃
Fe_2O_3	11.72	1.46	0.34 〃
CaO	2.25	0.8	0.19 〃
MgO	1.72	0.86	0.2 〃
K_2O	3.36	0.72	0.17 〃
Na_2O	0.29	0.1	0.02 〃

Dus ongeveer op 4 mol. SiO_2, 1 mol. sesquioxyden en ruim 0.6 mol. monoxyden; als men in aanmerking neemt dat bij de monoxyden ook eenig FeO moet geteld worden. Men mag deze klei echter niet als eene enkele scheikundige verbinding beschouwen. Evenmin mag men beweren, dat zoutzuur eene volledige scheiding te weeg brengt tusschen het zeolithisch silicaat (dat door het zoutzuur ontleed wordt), en het overige kleisilicaat.

Het kleizand (**b**) bevat, behalve de fijnste zandkorreltjes, ook grootendeels het zoogenaamde kristallijne gedeelte der zeeklei (door SCHLÖSING reeds opgemerkt) dat bij het slibben schittert en spiegelt. Dit is volgens SCHLÖSING een aluinaarde-silicaat met 2 tot 4 pCt. kali en eene geringe hoeveelheid der drie andere oxyden (van Mg, Ca, Na).

2. *Samenstelling van het silicaat volgens de behandeling met zuren.*

Uit de ontledingen met zuren, in verband met de scheiding door slibbing, laat zich het volgende afleiden:

Het zeolithische silicaat en humaat.

Het zoutzuur tast voornamelijk, behalve het humaat en het vrije ijzeroxyde, de klei aan, dat is: een amorph colloïdaal aluminium-ijzer-kalium-magnesium-calcium-natrium silicaat. Slap zoutzuur lost nog meer aluinaarde op. Half sterk zoutzuur (d. i. rookend zoutzuur met een gelijk volumen water verdund) ver-

---

[1]) Door mij berekend.

mag reeds veel op te lossen. Als de aarde daarna met sterk zoutzuur heet wordt uitgetrokken, lost zich nog wat meer silicaat op. Ja, herhaald uittrekken met heet sterk zoutzuur brengt eene nieuwe hoeveelheid Al_2O_3 in oplossing. Eene grens voor de ontleding van het kleisilicaat voor zoutzuur is dus niet te vinden.

Tot bewijs daarvan geef ik uit vele bepalingen het volgende voorbeeld:

Zware klei[1]) (Buitendijksland in den Amsterdammerpolder)

Na uittrekking met water

<table>
<tr><th>[Luchtdroog]</th><th>Slap zoutzuur</th><th>Half zoutzuur</th><th>Sterk zoutzuur</th><th>Sterk zoutzuur-langere inwerking</th></tr>
<tr><td>CaO</td><td>0.26</td><td>0.11</td><td>0.08</td><td>spoor</td></tr>
<tr><td>MgO</td><td>0.47</td><td>0.59</td><td>0.16</td><td>"</td></tr>
<tr><td>K_2O</td><td>0.5</td><td>0.55</td><td>0.15</td><td>"</td></tr>
<tr><td>Na_2O</td><td colspan="2">0.13</td><td>spoor</td><td>"</td></tr>
<tr><td>Al_2O_3</td><td>1.2</td><td>5.03</td><td>0.7</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td>Fe_2O_3</td><td>2.9</td><td>2.6</td><td>0.18</td><td>spoor</td></tr>
<tr><td colspan="5">Een ander monster van dezelfde grondsoort</td></tr>
<tr><td>Al_2O_3</td><td>1.0</td><td>5.6</td><td>1.6</td><td>0.9^{6}</td></tr>
<tr><td colspan="5">Nieuwe IJklei</td></tr>
<tr><td>Al_2O_3</td><td colspan="2">5.2</td><td>1.6</td><td>1.1</td></tr>
<tr><td>K_2O</td><td>0.5</td><td>0.5</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Hoe meer klei (a) aanwezig is, hoe meer aluinaarde en kali en ook magnesia worden opgelost. Dit blijkt uit de vierde en vijfde kolom van Tafel V en uit Tafel IX van de volgende verhandeling. Dat nu deze bases grootendeels uit de klei (a) afkomstig zijn, wordt door de volgende bepalingen ten duidelijkste bewezen:

[1]) Deze kleisoort wordt onder den naam van zure spierklei uitvoerig beschreven in de volgende verhandeling.

*

In heet sterk zoutzuur oplosbaar	Aluinaarde		IJzeroxyde		Kali	
	Berekend op silicaat + kwarts (na aftrek van organ. stof en oplosb. zouten)					
	In de klei **a**	In het kleizand **b**	In de klei **a**	In het kleizand **b**	In de klei **a**	In het kleizand **b**
Zware klei IJ	6.8	0.9	5.8	0.8	1.27	0.17
Zware klei Wieringermeer. . .	6.2	0.9	5.9	0.8	—	—
Klei Wieringermeer (n°. 38) . .	5.0	0.6	4.3	0.77	0.7	0.14
〃 〃 (n°. 6) . .	3.6	0.5^5	5.1	0.9	0.7	0.2

Zoutzuur werkt dus voornamelijk (behalve op het humaat) op het colloïdale (in water zwevende) silicaat.

Dit blijkt nog duidelijker, als de hoeveelheid van elk der bestanddeelen, die door zoutzuur worden opgelost, vergeleken wordt met de geheele hoeveelheid, die in de aarde aanwezig is. In het volgende overzicht staat voor elke basis:

Onder A: de hoeveelheid opgelost door zoutzuur uit 100 pCt. silicaat + kwarts.

Onder B: hoeveel ten honderd zulks bedraagt van de geheele aanwezige hoeveelheid.

Berekend op Silicaat + kwarts (na aftrek van organ. stof en oplosb. zouten)	Kalk A	Kalk B	Magnesia A	Magnesia B	Natron A	Natron B	Kali A	Kali B	Aluinaarde A na kortere of na langere verhitting	Aluinaarde B	IJzeroxyd A	IJzeroxyd B
Zure spierklei	0.4 =	80 pCt.	1.7 =	80 pCt.	0.3 =	50 pCt.	1.8 =	50 pCt.	9 tot 11 =	50 tot 60 pCt.	10.5 =	95 pCt.
Nieuwe IJklei (zware)	0.6 =	80 pCt.	2.0 =	90 pCt.	0.3 =	33 pCt.	1.5 =	50 pCt.	7 tot 9 =	40 tot 50 pCt	6.6 =	93 pCt.
Zeer ligte klei (Wieringerm.)	1.3 =	90 pCt.	1.5 =	90 pCt.	0.0^6 =	7 pCt.	0.7^6 =	35 pCt.	3 =	31 pCt.	3.9 =	91 pCt.

Zoutzuur brengt dus bijna de geheele hoeveelheid kalk, magnesia, ijzeroxyde en de helft of bijna de helft van al de kali en aluinaarde in oplossing. Bij de natron is deze verhouding anders, 1°. omdat zij in het in zoutzuur op-

losbare gedeelte der klei in geringe hoeveelheid voorkomt, 2°. omdat zij in het onoplosbare gedeelte in des te grootere hoeveelheid voorkomt, naarmate er meer gruis van onverweerde silicaten aanwezig is, dus: naarmate de bodem zandrijker is.

Aangezien nu de door zoutzuur opgeloste bestanddeelen in dat gedeelte der aarde, dat bij de slibbing zwevend blijft en klei (a) genoemd is, voorkomen, zoo is het duidelijk dat: het grootste gedeelte van de kalk, van de magnesia en van het ijzeroxyde, bijna de helft der kali, en bijna de helft der aluinaarde, in dat gedeelte der klei aanwezig zijn, hetwelk ik het zeolithisch silicaat genoemd heb.

Om het kiezelzuur te bepalen, dat uit dit zeolithisch silicaat door de ontleding met zoutzuur is vrijgeworden, is nog geene vertrouwbare methode bekend. Ik heb mij daarom vooralsnog daarvan onthouden [1]).

Uit de zoutzure oplossing eener aarde, door de bepaling van de daarin aanwezige aluinaarde en kali, kan dus reeds afgeleid worden of de aarde rijk is aan een der meest vruchtbare bestanddeelen, namelijk het zeolithische silicaat. Die rijkdom vormt het belangrijkste verschil tusschen zware en ligte kleisoorten.

Het silicaat, in zoutzuur onoplosbaar, ten deele door zwavelzuur ontleedbaar.

Na de behandeling met zoutzuur is 1° een silicaat aanwezig, zoowel in de klei als in het kleizand, dat door zwavelzuur ontleed wordt; en 2° gruis van veldspathachtige mineralen en kwarts. Uit de analysen op Tafel I *b* en II *b* en dit kortere overzicht:

---

[1]) Dit kiezelzuur wordt door de behandeling met sterk zoutzuur in onopgelosten toestand afgescheiden, want in het zoutzuuraftreksel vond ik steeds slechts kleine hoeveelheden kiezelzuur. Maar door zeer groote hoeveelheden water wordt toch veel van dit kiezelzuur opgelost, getuigen de volgende bepalingen. 5 Gram zure Spierklei uit het IJ I 4, bevattende 3.29 Gram silicaat + kwarts, gaf na uittrekking met zoutzuur, in welks aftreksel slechts ± 1 pCt. SiO_2 werd teruggevonden, na slibbing met groote hoeveelheden water (op silicaat + kwarts berekend):

	29.2 pCt. zwevende klei	34.35 pCt. kleizand (zand zeer weinig)
waarin	5.3 〃 basische oxyden	6.3 〃 basische oxyden
dus	23.9 pCt. SiO_2	28.05 pCt. SiO_2

te zamen ongeveer 53 pCt. SiO_2
63 〃 〃 bedroeg de geheele hoeveelheid SiO_2
10 pCt. SiO_2 waren dus verdwenen.

Die 10 pCt. kiezelzuur zijn dus blijkbaar door de groote hoeveelheid water opgelost geworden.

Op het silicaat + kwarts alleen berekend	Zwaarste IJklei (Spierklei)	(Nieuwe) Zware IJklei	Ligtste klei (Wieringermeer)	
residu in zoutzuur onoplosbaar	11.6 waarin:	11.2 waarin:	9.6 waarin:	
	8.6^{5} Al_2O_3	8.0 Al_2O_3	6.7 Al_2O_3	
(behalve het $Si\,O_2$)	1.75 K_2O	1.7 K_2O	1.4^{5} K_2O	
	0.4 Na_2O	0.7 Na_2O	0.8 Na_2O	
waarvan door zwavelzuur in oplossing gebracht	7.1 waarin:	6.1 waarin:	3.4 waarin:	het door zwavelzuur aantastbare silicaat
	6.0 Al_2O_3	4.8 Al_2O_3	2.7 Al_2O_3	
(behalve het $Si\,O_2$)	0.6 K_2O	0.8 K_2O	0.35 K_2O	
	0.1 Na_2O	0.2 Na_2O	0.0^{6} Na_2O	
en in zwavelzuur onoplosbaar	4.5 waarin:	5.0 waarin:	.4 waarin:	het mineralengruis
	2.6^{5} Al_2O_3	3.2 Al_2O_3	4.0 Al_2O_3	
(behalve het $Si\,O_2$)	1.1 K_2O	0.9 K_2O	1.1 K_2O	
	0.3 Na_2O	0.5^{5} Na_2O	0.8 Na_2O	

blijkt het, dat door zwavelzuur des te meer silicaat wordt opgelost, naarmate de klei zwaarder is. *Dit silicaat bestaat uit een aluminium- en een aluminium-kalium silicaat waarin slechts kleine hoeveelheden* Na, Mg, Ca.

Wat daarna overblijft vertoont een verschil *in omgekeerden zin.* Hoe ligter de klei, en dus hoe meer gruis van mineralen aanwezig is, in zwavelzuur onoplosbaar, hoe meer aluinaarde daarin bevat is. Dat gruis bestaat voornamelijk, nevens kwarts, uit aluminium-kalium-natriumsilicaten, die slechts eene geringe hoeveelheid Mg, Ca, Fe bevatten. De aequivalentberekening geeft de volgende uitkomst (de kleine hoeveelheid Fe is, bij wijze van schatting, ten halve bij de $Al_2\,O_3$, ten halve bij de Monoxyden geteld):

	Zwaarste IJklei	*Zware IJklei*	*Ligtste klei* (Wieringermeer)
Moleculen $Al_2\,O_3$ tot moleculen Monoxyden	1:0.8	$1:0.7^{5}$	1:0.7
Moleculen kali tot moleculen natron	1:0.4	1:0.9	1:1.1

De samenstelling van het mengsel der verschillende silicaten is dus:

$$x\,SiO_2 . 1\,Al_2O_3 . 0.8—0.7\,K_2O\,(Na_2O).$$

De verkregene uitkomsten samenvattend, meen ik de samenstelling van de nieuwe zware klei in IJ en Zuiderzee aldus in ronde cijfers te kunnen voorstellen [1]:

40—50 pCt. Afslibbare, in zuiver water zwevende deelen, grootendeels klei. Deze bestaat: 1⁰ uit een door sterk zoutzuur ontleedbaar silicaat met eenig humaat, waarin aanwezig:

4 pCt. Fe_2O_3 (FeO), waarvan een deel niet in het silicaat gebonden is.
6—7 pCt. Al_2O_3
1.0 pCt. K_2O
1.5 „ MgO
0.5 „ CaO
0.2 „ Na_2O

en 2⁰ uit een door zwavelzuur ontleedbaar aluminium- en een aluminium-kalium silicaat.

25—30 pCt. Afslibbare en in zuiver water bezinkende deelen, meest scherpkantig gruis (= kleizand). Hierbij is een aluminium-kalium silicaat door zwavelzuur ontleedbaar.

1—10 pCt. Een mengsel van kwarts en gruis van onverweerde silicaten. Deze laatste zijn grootendeels aluminium-kalium-natrium-silicaten.

10 pCt. Koolzure kalk (magnesia).

0.17 pCt. Phosphorzuur.

7.0 pCt. Humus.

Vochtigheid in luchtdrogen toestand 6 pCt.

Waterhoudend vermogen: ongeveer het gewicht der gedroogde aarde.

---

[1]) De absorbtiefactor van KNOP heeft ongetwijfeld slechts eene beperkte waarde ter beoordeeling van de vruchtbaarheid eens bodems. Op welke wijze deze factor afhankelijk is van het gehalte aan zeolithisch silicaat — welks bases (CaO, Na_2O, MgO, K_2O) uitwisselen met de ammonia in de chloorammoniumoplossing, met welke de aarde geschud wordt — is nog niet voldoende onderzocht. Naar KNOP's voorschrift is in 8 monsters IJklei deze absorbtiefactor door mij bepaald. Het cijfer bedroeg:

bij vijf monsters	63—65
„ twee „	59^5—60
„ een iets zandiger	50^5

KNOP vond bij vruchtbare gronden 40—75.

De chloruren en de sulphaten verdwijnen grootendeels en spoedig, de pyriet verdwijnt geheel, en de koolzure kalk na lange jaren, als de kleilaag tot een bouwgrond wordt [1]).

Deze samenstelling is als de type te beschouwen van een zeer vruchtbaren alluvialen kleibodem [2]).

Bij de ligtere kleisoorten, en de ligtste (zavel), daalt met de hoeveelheid afslibbare kleideelen het gehalte aan *zeolithisch silicaat*, dus: aan *kali*, aan *magnesia*, aan *ijzeroxyde*, aan *aluinaarde*, die in zoutzuur worden opgelost, en tevens aan *humus*, en ook aan *phosphorzuur*; ook verminderen de vochtigheid in luchtdrogen toestand, en het waterhoudend vermogen. Het zeezand is met die bestanddeelen en eigenschappen het minst bedeeld. Dit alles is in de cijfers van Tafel III en Tafel V (5de en 6de kolom) te lezen.

---

[1]) Uit de samenstelling van de klei der Dollardpolders, welker ouderdom van 0 tot 300 jaren verschilt, heb ik vroeger afgeleid, dat in 22½ jaar 1 pCt. koolzure kalk uit de bovenste bebouwde laag verdwijnt. Zie daarover, en in het algemeen over de veranderingen die eene bebouwde kleilaag door den tijd ondergaat, mijne: *Bodenuntersuchungen in den Niederlanden*, in *Landwirthisch. Versuchs-stat.*, Bd. VIII, Seite 285—296. 1866.

[2]) Van het opstellen van formulen voor de onoplosbare silicaten in de klei heb ik mij onthouden, omdat de middelen van scheiding daartoe ten eenenmale onvoldoende zijn. In VIRCHOW's onderzoek van vier opvolgende grondlagen uit het Kehdinger Moor (zie de volgende verhandeling bladz. 35) worden dergelijke formulen aangetroffen: Thon $= Al_2O_3(SiO_2)_2$ — Kalium-natriumglimmer $(K_2O)_3 . (H_2O)_5 . (Al_2O_3)_8 . (SiO_2)_{16}$ — Kaliumveldspath of orthoklas — Natriumveldspath of albiet. — Ik acht dergelijke berekeningen geheel onzeker, te meer omdat van het bestaan van een door zoutzuur ontleedbaar zeolithisch silicaat geene rekening door hem gehouden is.

TAFEL I. a.

NIEUWE IJ-KLEI (Houtrakpolder).

Op 130° gedroogd.	ANALYSE I (opgelost achtereenvolgens door:) a Water.	b Verdund azijnz.	c Sterk zoutzuur daarna aqua regia.	d Zwavelzuur.	e Fluorwaterstof zuur.	Som van Analyse I.	Analyse II met fluorwaterstof zuur.	Gemidd. uit Analysen I en II.		Aanmerkingen.
CaO	0.18	4.97	0.46	0.05 (0.09)*	0.07	5.70	5.71	5.7		* De cijfers tusschen de kolommen *d* en *e* zijn de uitkomsten eener analyse met fluorwaterstofzuur van het in zoutzuur onoplosbare gedeelte. Deze cijfers zijn gebruikt bij de optelling van a + b + c + d + e voor de zesde kolom.
MgO	0.06	0.68	1.28	0.08 (0.24)*	0.09	2.26	2.39	2.3^{2}		
K_2O	0.11	0.10	0.97	0.56 (1.41)*	0.74	2.59	2.57	2.5^{8}		
Na_2O	0.33	0.1	0.16	0.14 (0.53)*	0.45	1.12	0.98	1.0^{5}	waarvan 0.34 als keukenzout met 0.08^{8} zuurstof	
Fe_2O_3		**	4.72	0.23 (0.35)*	0.13	5.62	5.82	5.1^{6}		** De kleine hoeveelheid ijzeroxyde en aluinaarde door het azijnzuur opgelost, is bij het zoutzure aftreksel geteld.
Fe_2O_3 uit FeS_2 afkomstig			0.54					0.5^{4}	waarin 0.16 zuurstof	
Al_2O_3		**	7.94	4.29 (6.50)*	2.60	14.4	14.0	14.2		
CO_2	4.37							4.3^{7}		
SO_3	0.27		0.34					0.6^{1}		
SO_3 uit FeS_2 afkomstig			$1.11 = 0.83^{6}$ pyriet					1.1^{1}	waarin 0.66 zuurstof	
Cl	0.39							0.3^{9}	Som 0.90 zuurstof	
P_2O_5		0.04	0.13					0.17		
SiO_2								55.5		
Gloeiverlies (Humus)								7.0		
Vochtigheid (luchtdroog)	5.5 °/o, Waterhoudend vermogen 100 Absorbtiefactor naar Knopp 65					Som 100.7 — 0.9 zuurstof = 99.8 %				

B 4*

TAFEL I. b.

Nieuwe zware IJ-klei (Houtrakpolder.)

SILICAAT (en humaat) en KWARTS.

Na aftrek van 19 % Carbonaten, Chloruren, Sulphaten, Organische stof, Water, op honderd berekend.

	in sterk warm zoutzuur oplosbaar.	in zwavelzuur oplosbaar.	in fluorwaterstofzuur oplosbaar.	Som.
CaO	0.6	0.06	0.08	0.7
MgO	1.9	0.2	0.1	2.2
K_2O	1.5	0.8	0.9	3.2
Na_2O	0.3	0.1	0.5	0.9
Fe_2O_3	6.5	0.3	0.1	7.0
Al_2O_3	9.3^{5}	4.9	3.2^{5}	17.5
SiO_2				68.5
				100.0

OPLOSBARE ZOUTEN.

In 100 deelen aarde (op 130° gedroogd.)

Chloruren, Sulphaten en Carbonaten.

0.64 $NaCl$
8.85 $CaCo_3$
0.92 $MgCO_3$
0.46 $CaSO_4$
0.17 P_2O_5

Som 11.04

Bovendien nog:

0.34 SO_2 }
0.45 S } tijdelijk aan ijzer gebonden

11.8
7.0 Humus

Som 18.8

SAMENSTELLING der nieuwe IJ-klei.

(In afgeronde cijfers.)

7 % organische stof en water boven 130° vastgehouden.
12 „ oplosbare zouten
46 „ klei }
27 „ kleizand } 81 %
8 „ zand }

100

TAFEL II. a.

LIGTSTE KLEI (Zuiderzee-Wieringermeer).

Op 130° gedroogd.	ANALYSE I (opgelost achtereenvolgens door:) a Water.	b Verdund azijnzuur.	c Sterk zoutzuur.	d Zwavelzuur.	e Fluorwaterstof zuur.	Som van Analyse I.	Analyse II met fluorwaterstof zuur.	Gemiddeld uit Analysen 1 en II.	Aanmerkingen.
CaO	0.52^{7}	7.18^{0}	0.36^{2}	0.05	0 04 (0.16)*	8 16	8.10	8.1^{3}	* De cijfers tusschen de kolommen *d* en *e* zijn de uitkomsten eener analyse met fluorwaterstofzuur van het in zoutzuur onoplosbare gedeelte.
MgO	0.16^{5}	0.24^{8}	0.84^{7}	0.10	0 06 (0.19)*	1.42	1.47	1.4^{4}	
K_2O	0.06	0.14^{5}	0.39^{3}	0.28	0.88 (1.16)*	1.76	1.80	1.7^{8}	
Na_2O	0.31	0.05	0.15^{5}	0.05	0.64 (0.71)*	1.21	0.90	1.0^{5} waarvan 0.4 als $NaCl$ met zuurstof 0.10^{3}	** De kleine hoeveelheid ijzeroxyde en aluinaarde, door het azijnzuur opgelost, is bij het zoutzure aftreksel geteld.
Fe_2O_3			2.02^{5}	0.19^{6}	0.12^{4}	2.34^{5}	3.51	2.4^{2}	
Fe_2O_3 uit FeS_2 afkomstig			$1\ 02^{3}$			1.02		1.0^{2} waarin 0.30^{7} zuurstof	
Al_2O_3			2.53	2.26	3.23	8.02	7.81	7.9^{0}	
CO_2	5.34							5.3^{4}	
SO_3	0.35	0.05						0.4^{0}	
SO_3 uit EeS_2 afkomstig			2.04^{6} (= 1.53 FeS_2)					2.0^{5} waarin 1.23 zuurstof	
Cl	0.454							0.4^{5}	
P_2O_5		0.11^{4}						0.1^{1}	
SiO_2								64.6^{3}	
Gloeiverlies								4.7^{1}	
Vochtigheid der luchtdroge aarde	3.3 %	Som 101.4^{3} — 1.6^{4} zuurstof = 99.8 %.							

*

TAFEL II. b.

Ligtste Klei (Zuiderzee-Wieringermeer).

SILICAAT (en humaat) en KWARTS.

Na aftrek van 19 % Carbonaten, Chloruren, Sulphaten, Organische stof, Water, op honderd berekend.

	in sterk heet zoutzuur oplosbaar.	in zwavelzuur oplosbaar.	in fluorwaterstofzuur oplosbaar.	Som.
CaO	1.2^{9}	0.0^{6}	0.0^{5}	1.4
MgO	1.5^{1}	0.1^{2}	0.0^{7}	1.7
K_2O	0.7^{6}	0.3^{5}	1.0^{9}	2.2
Na_2O	0.0^{6}	0.0^{6}	0.7^{9}	0.9
Fe_2O_3	3.8^{6}	0.2^{4}	0.1^{5}	4.2^{5}
Al_2O_3	3.0^{5}	2.7	4.0	9.7^{5}
SiO_2				79.8
				100.0

OPLOSBARE ZOUTEN.

In 100 deelen aarde (op 130° gedroogd.)

Chloruur, Carbonaat en Sulphaat.

0.58	$NaCl$
0.14	$MgCl_2$
0.68	$CaSO_4$
12.04	$CaCO_3$
0.11	P_2O_5
Som 13.55	oplosbare zouten
0.87	zwavel met een spoor SO_3 } tijdelijk aan ijzer gebonden
14.42	
4.7	humus
Som 19.1	

SAMENSTELLING der ligtste klei.

(In afgeronde cijfers.)

4.7 %	organische stof en water boven 130° vastgehouden.
14.5 "	oplosbare zouten
20 "	klei } 81 %
14^{5} "	kleizand } 81 %
46^{5} "	zand } 81 %
100.0	

TAFEL III.

Analysen van slib uit het IJ en uit de Zuiderzee.

(Bij 110° gedroogd.)

		SLIB UIT HET IJ.		SLIB UIT DE ZUIDERZEE.				
		Zware klei.		Zware klei.	Ligte klei.	Zavel.	Zeezand.	Zeezand.
		7 monsters uit drie der IJ-polders, namelijk: 3 Wijkermeerpolder. 2 Oostspaarnd. polder. 2 Houtrakpolder.	1 monster iets ligtere klei uit Westspaarnd. polder.	4 monsters. Boring 89 Havelaar. " 130 Stieltjes. " 96 " " 128 "	3 monsters. Boring 151 Havelaar " 228 " " 47 Stieltjes.	2 monsters. Boring 229 Hav. " 66 "	2 monsters. Boring 109 St. " 117 "	Zandbank voor Enkhuizen.
						Na verwijdering van schelpstukjes.		
		Hoogste en laagste cijfers.		Hoogste en laagste cijfers.				
	$NaCl$	2.2—0.5	1.8	1.1—1.0	—	—	—	
	$CaSO_4$	0.7—0.3	0.4	0.8—0.6	—	—	—	
	Pyriet	0.8 *	—	—	—	—	—	
	$CaCO_3$	9—7	10.7	8.5—8.0	veel	veel	7—3.5	1.0
	$MgCO_3$	1.1—0.9	0.8	± 0.8	—	—	— —0.4	spoor
	P_2O_5	0.17—0.15	0.16	0.18—0.15	0.14—0.10	0.09—0.08	0.06—0.1	—
Uit het silicaat en humaat in sterk zoutzuur oplosbaar.	K_2O	1.2—1.0	1.0	1.2—1.0	0.8—0.7	0 4^{5}—0.5	0.1 —0.16	0.05
	Na_2O	0.3—0.2	0.3	0.2—0.1	0.2—0.1	— —	— —0.05	spoor
	MgO	1.6—1.4	1.4	± 1.4	1.0	0.7 —	— —0.26	0.1
	CaO	0.3—0.2	0.2^{5}	0.3	0.2	— —	weinig	weinig
	Fe_2O_3	± 5.0 **		± 4.9	± 4.0	± 3 —	—	weinig
	Al_2O_3	6.7—6.3***	6 3	7—6 ***	5—3	2^{5}—2	weinig	0

In afgeronde cijfers	Zand a	1—6	11
	Kleizand b	22—27	23
	Klei c	50—55	45
	Gloeiverlies	7—10	7
	Koolzure kalk en koolzure magnesia.	8—10	11
	Chloruren, sulphaten en sulphuren.....	2—4	3
		100	100

* In één monster bepaald.

** Dit cijfer wordt ± 5.5 als het ijzer uit de pyriet wordt medegeteld.

*** Bij langere uittrekking met sterk zoutzuur rijst dit cijfer tot ± 8 %.

TAFEL IV. a.

Koolzuurgehalte (Carbonaten)

(Na verwijdering van de Schelpstukjes.)

ZWAARDERE KLEISOORTEN.

60—40 % (in water) zwevende deelen. } op silicaat + kwarts berekend *
1—20 " Zand. †

Gehalte in op 105° gedroogde aarde.	CO_2	CO_2 als $CaCO_3$ berekend.
IJpolders.	%	%
(Wijk.)	3.6	8.2
(O. Sp.)	3.9	8.8
(Wijk.)	3.8	8.6
(Wijk.)	3.8	8.6
(O. Sp.)	4.3	9.8
(Houtr.)	4.1	9.3
(Houtr.)	4.3	9.8
(Houtr.)	4.3	9.8
(Zaand.) vijf monsters.	4.1 à 4.0	9.3 à 9
(W. Sp.)	4.9	11.1
Zuiderzee (Zuidelijke kom) Bovenlaag.		
Boring N°. 128 (Stieltjes.)	4.6	10.4
" " 96 "	4.9	11.1
Zuiderzee (Wieringermeer) Bovenlaag.		
Boring N°. 2^a	5.9	13.4
" " 38	3.0	6.8
" " 6	8.5	19.3
" " 36	6.8^5	15.6
Dollardslib	4.5	10.2
Lauwerzeeslib	4.4	10.0
IJhavenmondslib	7.3	16.5
	7.1	16.2
Slib Haven Blankenberge	10.0	22.7

LIGTERE KLEISOORTEN

40—20 % (in water) zwevende deelen.
20—50 " Zand.

	CO_2	CO_2 als $CaCO_3$ berekend.
Zuiderzee. (Zuidelijke Kom.)		
Boring N°. 47 (St)	4.1	9.3
Wieringermeer.		
Boring		
N°. 77	± 5.5	
" 10	± 8	
" 92	6.6	15.0
" 33	± 5.5	
" 4^a	4.3^5	9.9
" 15	± 6.5	
" 57	5.3	12.1
" 10^a	± 8	
" 71	3.6^5	8.3
" 59	± 5.5	
" 80	± 5	

ZAVEL.

20—5 % (in water) zwevende deelen.
65—90 " Zand.

	CO_2	CO_2 als $CaCO_3$ berekend.
Zuiderzee. Wieringermeer.		
Boring		
N°. 83	± 5	
" 95	2.4	5.5
" 18	2.9	6.5
" 7^a	± 3	
" 41	± 3	
" 43	2.4	5.5

ZEEZAND.

	CO_2
Zuiderzee.	
Boring	
N°. 109 (St.)	2.7
" 117 "	1.5

* Dus na aftrek van organische stof, chloruren, sulphaten en carbonaten.

† Bij zachte slibbing terugblijvende.

TAFEL IV. b.

		Houtrakpolder. Kleilaag 2.7 M. dik. (Boring n°. 8)				Spaarndammer polder. Kleilaag 2.7 M. dik. (Boring n°. 50.)			Westzaner polder. Kleilaag		Zaandammer polder. Kleilaag.		Zuiderzee. Boring (60 Stieltjes).		
									1.4 M. dik.	2.1 M. dik.	1.6 M. dik.	1.0 M. dik.			
		CO_2 (op de luchtdroge aarde berekend.)	CO_2 (op de minerale stof alleen berekend.)	Gloeiverlies.	Water bij 105° uitgedreven.	CO_2 (luchtdroog.)	Gloeiverlies.	Water bij 105° uitgedreven.	CO_2 (luchtdroog)	CO_2 (luchtdroog.)	CO_2 (luchtdroog.)	CO_2 (luchtdroog.)	CO_2 (luchtdroog.)	Gloeiverlies.	Water bij 105° uitgedreven.
Bovenlaag.	Klei	4.0	4.7	7	5.5	3.6	10	7	4.1	3.4	3.9	4.0	4.6	6	6
Op 0.5 M.	Klei	3.4	4.0	} ±9							3.8[5]				
Op 0.5—1 M.	Klei	2.9	3.4		± 6				2.9			2.0	3.5 veenige klei.	1.2	6.5
Op 1—2 M.	Bruine klei	2.7	3.3	12	7	2.7					zeer weinig CO_2 in de veenige klei				
Op 2—2.5 M.	Zwartachtige veenige klei	0.44	0.75	28[6]	12[6]					1.7					
Op 2.7 M.	Veen	0.0													

TAFEL V.

Uitkomsten der Slibbingsanalysen.

Berekend op het silicaat + kwarts, na aftrek van organ. stof, water en oplosbare zouten.

		a Klei.	b Kleizand.	c Zand.		Door sterk zoutzuur opgelost.		
						Al_2O_3	K_2O	
ZWAARDERE KLEI.								
IJ	Zure klei	63	37	weinig		10.6	2.0	
IJ	Nieuwste klei	57	33^{3}	9^{9}		7.7	1.4	
Wieringermeer.	Boring N°. 36	56^{3}	35	8^{7}		7.0	1.2	
Wieringermeer.		53^{4}	43^{2}	3^{4}				
Wieringermeer.	〃 〃 73	52^{3}	41^{6}	6^{1}		7.1	1.1^{6}	
Wieringermeer.	〃 〃 38	45	38	16^{7}		5.6	0.8^{2}	
Wieringermeer.	〃 〃 2a	43^{8}	38	18^{2}				
Wieringermeer.	〃 〃 6	40	34	26		4.1^{6}	0.9	
LIGTERE KLEI.								
Wieringermeer.	〃 〃 77	36^{9}	26^{6}	36^{5}				
Wieringermeer.	〃 〃 10	31^{2}	40^{0}	28^{8}				
Wieringermeer.	〃 〃 92	32	26	42				
Wieringermeer.	〃 〃 33	29	34^{2}	36^{8}		3.1	0.5	
Wieringermeer.	〃 〃 15	29	33	38				
LIGTSTE KLEI.								
Wieringermeer.	〃 〃 57	24^{7}	17^{9}	57^{4}		3.6	0.6	
Wieringermeer.	〃 〃 4a	23[illegible]	38^{5}	48^{8}				
Wieringermeer.	〃 〃 71	23	21	56		2.4^{5}	0.4^{8}	
Wieringermeer.	〃 〃 59	21	22	57				
Wieringermeer.	〃 〃 80	20	28	52				
Wieringermeer.	〃 〃 83	17	8^{8}	74^{2}				
Wieringermeer.	〃 〃 95	16^{2}	10^{6}	73^{2}				
Wieringermeer.	〃 〃 18	16	17	67		2.4	0.4^{6}	
Wieringermeer.	〃 〃 7a	11^{5}	12^{2}	76^{3}				
Wieringermeer.	〃 〃 41	8^{2}	10	81^{8}				
Wieringermeer.	〃 〃 43	4^{7}	6	89^{3}				

TAFEL VI.

Bij 110⁰ gedroogd.

	Slib uit de Lauwerzee nabij Zoutkamp.	**Slib uit den Havenmond van Blankenberge West-Vlaanderen.**	**Slib uit den tegenwoordigen havenmond IJ.**	**Idem van eene andere plaats.**
	Zware klei. (Weinig zand.)	Zware klei. (Zeer weinig zand.)	Zware klei. (Weinig zand.)	Zware klei. (Iets meer zand.)
Koolzuur.	4.7	11.0	8.0	7.55
Gloeiverlies *	7.6	7.72	9.33	7.4
Humus uit het koolstofgehalte berekend naar Wolff.	5.46	5.65	6.3	5 4
Humus uit het koolstofgehalte berekend met 50 % C.	6.34	6.56	7.34	6.26
Dus water aan de klei verbonden bij 110⁰.	1.3—2 %	1—2 %	2—3 %	1.2—2 %
C	3.17	3.28	3.67	3.13
H	0.65	0.73	0.78	0.67
N	0.51	0.38	0 44	0.28
Som van C + H + N	4.33	4.39	4.89	4.08

Het hooge bedrag van het stikstofgehalte is merkwaardig.

---

* Dit gloeiverlies werd verkregen door de op 110⁰ gedroogde stof te verbranden in een schuitje op de wijze der elementair-analyse — daarna terug te wegen en het CO_2 daarin te bepalen; — bovendien het koolzuur te bepalen in de aarde.

Stel:

Het gloeiverlies.................................. **a**
Het koolzuur in de rest.......................... **b**
Het koolzuur in het kaliapparaatje................ **c**
Het koolzuurgehalte van de carbonaten der aarde... **d**

Dan is het ware gloeiverlies a'

$$a' = a + (d - b)$$

en het koolstofgehalte $= \frac{3}{11}(c - d + b)$.

B 4**

III[de] VERHANDELING.

DE SAMENSTELLING EN VORMING VAN DE ZURE GRONDEN IN HET NEDERLANDSCH ALLUVIUM.

Inleiding.

In 1863 [1]) heb ik eene beschrijving gegeven van eene eigenaardige vorming in de Marschen van het Nederlandsche alluvium, die men in Nederland zuren grond, in Duitschland Gifterde, Pulvererde, Maibolt noemt, en hare samenstelling en vorming besproken. De grondlaag, zoowel darg als klei of een mengsel van beiden, bevat ijzervitriool en gips, is geheel onvruchtbaar en kan alleen door bewerking met eene alkalische stof, die het ijzersulphaat geheel ontleedt, weder vruchtbaar gemaakt worden.

Bij het uitvoerig plaatselijk onderzoek [2]) der nieuw ingedijkte polders van het drooggemalen IJ en van andere nieuwe polders [3]), vond ik gelegenheid deze vorming op vele plaatsen in bizonderheden waar te nemen, en opnieuw te onderzoeken. De uitkomsten daarvan wensch ik thans mede te deelen. In 1861 stelden mijne waarnemingen mij nog niet in staat om de vraag voldoende

---

[1]) Bouwstoffen tot de kennis van de kleigronden der provincie Groningen.
Scheikundig Verh. en Onderz. uitgegeven door G. J. Mulder, Deel III, stuk 2, zie blz. 146—154 en 216—249. Eene verkorte bewerking van dit stuk is opgenomen in *Landwirthschaftliche Versuchs-stationen*, Band VIII, zie Seite 271—276 en 302—306 (1866).

[2]) Zie de beide vorige verhandelingen.

[3]) Persoonlijk onderzoek (24 boringen) in 1877 van een deel der pas drooggelegde Legmeerplaspolders in Zuid-Holland, en van den evenzoo voor korten tijd drooggelegden Makkummermeerpolder in Friesland.

te beantwoorden, op welke plaatsen alleen eene dergelijke vorming in het alluvium voorkomt [1]), dus door welke omstandigheden zij bepaald wordt.

In een moerassigen kleibodem ontstaat door de rotting der plantenoverblijfselen, bij aanwezigheid van gips, een product van reductie, zwavelijzer en pyriet, dat zich later weder oxydeert tot ijzervitriool en ferrisulphaat. Zoolang er echter nog koolzure kalk in den bodem aanwezig is, kan er geen ijzersulphaat blijven bestaan omdat deze zich met elkander weder omzetten tot gips en ijzeroxyde. Dat wordt eerst het geval, nadat de koolzure kalk verdwenen is door uitspoeling [2]).

De vorming van zoogenaamde *zure* aarde moet dus plaats hebben in eene laag zeeklei, die door eene plantenbedekking en moerassige ligging veenachtig wordt, en daarbij steeds met zee- of brak water in aanraking blijft, zoodat voortdurend sulphaten (gips enz.) kunnen aangevoerd worden. In deze gemengde klei- en veenlaag wordt, door de rotting van de veenstof, de koolzure kalk nog veel sneller dan in gewone kleilagen als dubbelkoolzure kalk in oplossing gebracht en weggevoerd. Het gevormde zwavelijzer wordt later, als plaatselijk de lucht weder toetreedt, geoxydeerd; dus inzonderheid, als de bodem drooggemaakt en op afwatering wordt gelegd.

Het bleef de vraag, of werkelijk alleen onder die omstandigheden zure lagen gevormd werden, en of de gegeven voorstelling voor alle gevallen van die vorming in het alluvium gelden kon. Bovendien was van de ophooping van de gips in zulke gronden geene voldoende rekenschap gegeven [3]).

Terwijl ik mij in de laatste jaren opnieuw met het onderzoek van deze grondsoort bezighield, verscheen in 1883 eene verhandeling van C. VIRCHOW, over

---

[1]) Deze vraag is in Nederland ook van practisch belang, omdat gedurig meeren, door wegspoelen van den bodem vroeger ontstaan, of door uitveening van de veenlagen in de laatste eeuwen geworden, droog worden gelegd. Of zure aardlagen daarin al of niet voorkomen, maakt een groot onderscheid in de waarde der gronden. Vroeger, bijv. in den Haarlemmermeerpolder (1855), heeft de onbekendheid daarmede tot groote teleurstellingen en financieele verliezen aanleiding gegeven. Toen het IJ werd drooggemalen, wilde het Bestuur alle onzekerheid omtrent de waarde van den bodem wegnemen. Vandaar mijn onderzoek. Ik heb niet alleen de samenstelling van de overal voorkomende kleilaag bepaald, maar ook nauwgezet nagezocht, of, en waar onvruchtbare zure klei en veen voorkwamen, zoowel in de IJpolders als in een drooggemalen gedeelte van het Legmeer, en langs de kusten van het Wieringermeer.

[2]) Over de uitspoeling der koolzure kalk in de bovenlagen, zie mijne aangehaalde Verhandeling blz. 285.

[3]) Ik schreef in 1861: Misschien kan een onderzoek van den bodem in het IJ, waar slib aangevoerd wordt en riet groeit, de vorming der zure lagen en der gipsrijke blauwe klei nog beter toelichten, (Bouwstoffen enz., blz. 232).

het Kehdinger Moor [1]), bevattende eenige analysen van de aarde uit vier boven elkander liggende lagen, te weten: Darg-Maibolt, Maibolt, Kuhlerde (= normale klei), Darg-Maibolt II. De laatste behoort geheel tot de door mij beschouwde zure vorming. VIRCHOW wijst niet alleen ijzersulphaat, maar ook zwavel aan, die hij *aanneemt* ten deele aan ijzer gebonden te zijn, en voor een deel waarvan hij vermoedt dat zij als zwavel in eene nog onbekende organische verbinding moet gebonden zijn, omdat zij in zwavelkoolstof onoplosbaar is. Hij komt tot de reeds bekende slotsom, dat de Maibolt ontstaan is door de reduceerende werkingen der talrijke plantenoverblijfselen, voornamelijk van Phragmites, welke planten eenmaal dien bodem bedekt hebben (blz. 107). Hij *vermoedt*, dat de sterke reductie tot zwavel plaats heeft gehad, *nadat* de kleiveenlaag door nieuwe aardlagen bedekt en afgesloten is geworden, en dat uit die nieuwe lagen sulphaten naar beneden zijn gespoeld en op hunne beurt gereduceerd. Zoo wil hij het zeer hooge zwavelgehalte (als $Fe\,S_2$ en als S) verklaren. Tevens meent hij uit de vergelijking van de samenstelling der klei in de vier lagen te mogen afleiden, dat het silicaat allengs eene verandering heeft ondergaan, van dien aard, dat het door zoutzuur en zwavelzuur niet aantastbare silicaat, naarmate van de diepte op welke de laag gelegen is, in hoeveelheid is verminderd, en dus het gemakkelijker ontleedbare silicaat in dezelfde mate vermeerderd. In vele opzichten wijken mijne uitkomsten van deze beschouwingen van VIRCHOW af.

I. Plaatselijk voorkomen der zure gronden.

De gewone veen- en darglagen, die in de alluviale Marschen van Nederland voorkomen, zijn geenszins zuur. Allerminst de lage veenen, die zich in zoet water gevormd hebben ter dikte van 2—5 Meters, en welke een groot deel der oppervlakte van Zuid-Holland, Noord-Holland, ook eene strook van Overijssel, Friesland en Groningen vormen, en welke vroeger ook de Zuiderzee gevuld hebben. Langs de randen van het Diluvium rusten zij op diluviaal zand, verder (dus in de richting naar zee) op klei, welke klei in Nederland bekend

[1]) *Landwirthschaftliche Jahrbücher.* 1883, S. 83—128.

*

is onder den naam van blauwe klei of woelklei, en in Noord-Duitschland van Kuhlerde. Deze laag zeeklei vangt aan op eene diepte van 4 tot 5 M. – A. P. [1]). Zij heeft eene dikte van 1—3 Meters en rust op eene dikke laag zeezand.

Een gedeelte dier veenen is in zoet water gevormd uit waterplanten. Zonder daaromtrent in bijzonderheden te treden, merk ik op, dat ook in boezems, waarheen brak water en slib den weg vonden, veen gevormd is. Op die plaatsen vindt men eene afwisseling van klei- en veen- of darglagen [2]) (veenkleivorming).

Men moet zich deze aldus voorstellen: dat op de plaatsen (schorren, eilanden) waar de opslibbing het waterniveau bereikt, eene rijke vegetatie ontstaat, waarin Phragmites communis de hoofdrol speelt. Er vormt zich allengs eene dargkleilaag (spierklei in Nederland genaamd, maibolt in Noord-Duitschland). De dikke stengels worden later tot op eenige diepte in de kleilaag terug gevonden. Boven deze laag ontstaat uit het riet eene veenlaag. Zoo vindt men dan op kleibanken eene grootendeels uit Phragmites gevormde veenlaag, evenals aan de oevers der brakke plassen. Die vorming heeft niet alleen vroeger, maar voortdurend plaats gehad; zij zou in den tegenwoordigen tijd zeker nog meer plaats vinden als zij niet door bedijking gestoord werd.

Aangezien deze vorming van klei en veen zich op enkele plaatsen herhaald heeft, en dus twee klei- en twee veen- of darglagen in de vier bovenste meters des bodems voorkomen, ja soms nog dieper liggend veen gevonden wordt, zoo moet men inklinkingen en dalingen aannemen. Dit onderwerp wil ik echter hier buiten beschouwing laten [3]).

Gansche gedeelten der veenvorming en daaraan grenzende veenkleivorming zijn in historischen tijd door wegspoeling en afslag (Zuiderzee, Dollard, Biesbosch enz.) verdwenen, en later door nieuw aangeslibte kleilagen vervangen.

Zoover mijne waarnemingen gaan, meen ik in de laagveen-vorming, in het alluvium van Groningen, Friesland, Holland, de opvolging der lagen aldus in hoofdzaak te mogen voorstellen:

---

[1]) Afgeleid uit 54 boringen in de Zuiderzeekom, verscheidene in de Wieringermeer, 120 boringen in het IJ en vele boringen in Groningen; dezelfde laag vond P. Harting in de monsters aarde, verzameld bij zeven diepe putboringen in Amsterdam (Zie boven bladz. 5).

[2]) Het vraagstuk, welke Nederlandsche veenen in zoetwaterkommen gevormd zijn uit waterplanten (zie de beschrijving van Staring in zijne Geologie van Nederland) en welke in brak water, waarheen ook slib werd aangevoerd, is nog niet opgelost.

[3]) Zie daarover Virchow in de aangehaalde verhandeling, blz. 108—120, en E. Seelheim, De Grondboringen in Zeeland. Uitgegeven door de *Kon. Akad. van Wetenschappen.* Amsterdam, Joh. Müller, 1879; Bladz. 25.

Oudere gronden

I. In de lage veenen

oppervl.	A.P.
1 M.	
2 M.	*Veen*
3 M.	(zoetwatervorming)
4-4.5 M.	*Spierklei* of Maibolt
5 M.	*Blauwe klei*
6—7 M.	overgaande in *Zeezand*
10 M.	

II. In de kleivorming (brakwatervorming)

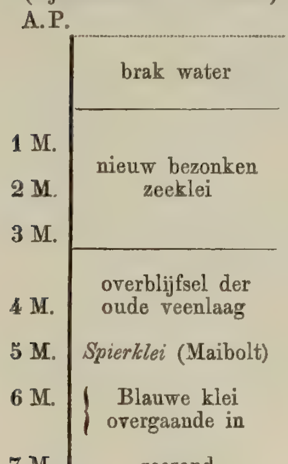
oppervl.	A.P.
1 M.	*kleilaag* van 1—4 Meter. Daaronder of daartusschen
2 M.	dikwijls eene dunnere of dikkere *veenlaag* of
3 M.	darglaag
4 M.	*Spierklei* *Blauwe klei*
5 M.	overgaande in
6 M.	*Zeezand*

Profiel I stelt ook den oudsten toestand van het IJ voor; aan de oevers is die nog terug te vinden, evenals onder Amsterdam, volgens HARTING's onderzoek van de aardsoorten uit zes diepe putboringen verkregen [1]).

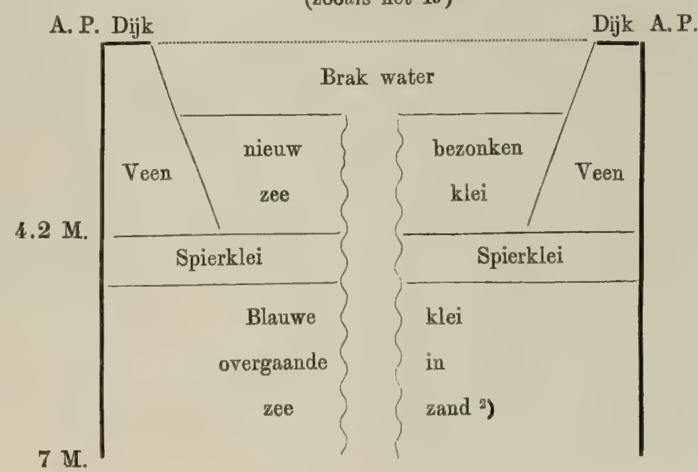
Profiel II vindt men in het zoogenoemde lage land van de provincie Groningen (zie daarover blz. 46), ook op de overgebleven eilandjes in het IJ en het Bikkerseiland in Amsterdam. De overgang van veen en darg tot blauwe klei, of van blauwe klei tot veen of darg, bestaat bijna altijd uit een laagje spierklei (Maibolt).

Nieuwere gronden ontstaan waar vroeger door afslag gronden verdwenen zijn en later uit brak water nieuwe klei bezonken is.

III. Aan de kust (bijvoorbeeld de Dollard)



IV. In eenen zeeboezem (zooals het IJ)



[1]) P. HARTING. De bodem onder Amsterdam onderzocht. Verhandeling 1ste kl. *Kon. Ned. Inst.*, 1852. 3e Reeks, Deel V, blz. 73—232.

[2]) Dit zeezand bestempelt HARTING met den naam van zandigen kleimergel.

V. *Rietgewas aan de oevers van plassen, met brak water gevuld,* of in welke brakwater uit den ondergrond opwelt. Hier kan eene veenlaag van eenige decimeters dikte ontstaan, terwijl de onderliggende bodem geheel tot spierklei wordt.

Het is nu de vraag, wáár de zure lagen zich gevormd hebben en teruggevonden worden.

In de lagen spierklei en ook in een deel van het daarboven liggend veen moet men die zoeken.

Waar de slib in open water, ter diepte van 1—4 Meters (Profiel III en IV) op de overgebleven oude veenlaag bezonken is, en eene nieuwe kleilaag gevormd heeft, vond ik de klei bij de aanrakingsplaats wel meestal van koolzure kalk beroofd (zie blz. 16) maar zelden zuur. Somtijds nam ik ook waar dat de nieuwe klei scherp op de oude veenlaag is afgezet, zonder dat er eenige vermenging heeft plaats gehad. Geene verandering van samenstelling is dan in de klei te bespeuren.

Omgekeerd, waar het veen op de klei ligt, dus tusschen de blauwe klei en de veenlaag, vond ik altijd eene dunnere of dikkere laag spierklei, welke bewijst dat daarin planten gegroeid hebben.

In die laag zijn het zwavelijzer en de pyriet ontstaan, en het moet van de samenstelling van het water (gehalte aan sulphaten), waarmede die laag in aanraking geweest is, afhankelijk zijn, hoe sterk die zwavelijzervorming geweest is. Ofschoon in elke spierklei in den ondergrond eenige pyriet gevormd is, zoo leert de waarneming, dat slechts op sommige plaatsen de reductie der sulphaten zoo aanmerkelijk is geweest, dat zure lagen ontstaan zijn.

In de lagen naar profiel I beteekent de zwavelijzervorming minder. Maar in de lagen, die door profiel II worden voorgesteld, is het verschijnsel juist sterker te verwachten.

Al de plaatsen in het Nederlandsche alluvium, waar ik zure lagen heb waargenomen, samenvattend, meen ik te mogen aannemen, dat zij zich daar gevormd hebben, waar een sterk rietgewas op eene kleilaag bestaan heeft:

1° op eilandjes en aan de kusten door brakwater bespoeld, in boezems die met de zee in gemeenschap staan;

2° aan de oevers van brakwaterplassen, of van meertjes en plassen, welker zoutgehalte uit den ondergrond onderhouden wordt.

Tot staving dier meening geef ik het volgende overzigt mijner plaatselijke waarnemingen: in het IJ, den Haarlemmermeerpolder, het Naardermeer, het Lageland in de provincie Groningen, het Makkummermeer in Friesland, het Legmeer in Zuid-Holland.

1. *Zure lagen aan de kusten, en aan de oevers van eilandjes in eenen boezem, welke met de zee gemeenschap heeft.* — Het IJ.
(Kaart I in de eerste verhandeling).

De oude toestand van het IJ en de nieuw gevormde aanslibbingen zijn afzonderlijk in de vorige verhandelingen beschreven.

Daarheen verwijzende, breng ik hier slechts kortelijk in herinnering, dat de IJboezem ontstaan is door afslag en wegspoeling der veenlagen, en door het ontstaan der Zuiderzee in gemeenschap gekomen is met de Noordzee, zoodat hij aan eb en vloed was blootgesteld, en gedurende de laatste eeuwen eene afzetting van kleislib ondergaan heeft.

Hij werd door dijken omringd; buiten die dijken bleven eenige oeverstukken als uiterwaarden in het IJ over, evenzoo eenige eilandjes en schiereilandjes, welke de overblijfselen zijn van den ouden IJbodem. Dat deze bleven bestaan, terwijl de omringende veengrond werd weggespoeld, hebben zij blijkbaar aan hunne samenstelling uit klei- en veenlagen te danken (Profiel II).

Deze eilandjes en buitendijkslanden zijn allen vermeld in de eerste verhandeling op blz. 7 en 8 (A tot N) en alleen op deze heb ik de zure lagen gevonden. Dit blijkt uit de volgende profielen, die, naar mijn weten, alle gevallen in het IJ omvatten waarin zure lagen voorkomen en kunnen voorkomen.

Dwarsprofielen.

I.

Eiland de Horn (bedijkt) (B)
Grasland

(oppervl.)	
	stijve klei (*niet zuur* zonder $CaCO_3$
1 M.	
	veen (*niet zuur*)
2.6	

De oevers van het eilandje, die buiten den dijk liggen, waren aan het brakwater blootgesteld. Zij waren met riet begroeid. Ter westzijde had afslag plaats gehad en ligt de ondergrond bloot. Deze is *zuur*.

Ook de oevers van het eiland Ruigoord (A), buiten den dijk, zijn gebleken *zuur* te zijn.

II.

Uiterwaard (K) de Heining; door een kadijk beschermd; begroeid met riet en witbol.

(oppervl.)	
	zode (*niet zuur*)
0.3 M.	
	klei, met veel wortels (*niet zuur*)
0.5	
	stijve klei (*zuur*)
0.7	
	stijve klei, zonder $CaCO_3$, overgaande in zachter klei
1.3	

III.

Uiterwaard in den Noordpolder (N) begroeid; vóór de droogmaking van het IJ alleen bij hooge vloeden overstroomd

(oppervl.)	
	klei met veel wortels (zode) zonder $CaCO_3$
0.2 M.	
	klei met veel ijzeroer en plantenwortels
0.3	
	begin der *zure* klei
0.5	
	sterk *zure* klei, gele uitslag
0.8	
	idem donkerder van kleur
0.9	
	idem lichter van kleur
1.1	
	einde der *zure* kleilaag, veenrijker
1.25	
	overgang tot darg
1.5	
	darg
	veen

IV.

Eiland in het IJ, genaamd Jan Rebellenwaard (C). De bovenlaag, van 1.3 M. ongeveer, was vroeger klei en allengs afgegraven en afgeslagen tot op de zure laag. Het eiland was dus door het water bedekt vóór de drooglegging.

A. P.	
	door afgraving en afslag verdwenen bovenlaag
(oppervl.)1.3M.	
	spierklei (*zuur*)
1.8	
	veen (*zuur*)
3.2	
	spierklei (*niet zuur*)
3.7	
	veen
4.4	
	spierklei
	blauwe klei met $CaCO_3$ overgaande in
6	
	zeezand

V.

Eilandje Hoeksnes (E)

A. P.	
	door afgraving en afslag verdwenen kleilaag thans water
(oppervl.) 1 M.	
	Veen; op andere plaatsen spierklei (*zuur*)
2 M.	
	Spierklei (*niet zuur*)
2.5—2.8	
	Blauwe klei, zonder $CaCO_3$
3.5—3.8	
	Spierklei
4.0	
	Veen
	Hieronder blauwe klei

VI.

Eilandje in den grooten IJpolder (G)

Diepte	Laag
A.P.	
(oppervl.) 1.4	Door afslag of afgraving verdwenen kleilaag, waarvoor reeds 0.4 M. nieuwe IJklei in de plaats is gekomen
1.8	Spierklei of veen (*zuur*)
2.0	Spierklei
	Blauwe klei
4 M.	zavelklei gaat over in zeezand

VII.

Eilandje in den grooten IJpolder (F)[1]

Diepte	Laag
A.P.	
(oppervl.) 1.4	Door afslag of afgraving verdwenen kleilaag vervangen door 0.3 tot 0.5 M. nieuwe klei
1.8	Spierklei of veen (op een gedeelte van 't eiland *zuur*)
2.1	Spierklei (*niet zuur*) Blauwe klei
3.25	Veen
4.3	Blauwe klei

Lengteprofiel.

VIII.

Oever van de Heyning (K) Oppervlakte.

Diepte	Laag
– 1.25 A.P.	Laag nieuwe klei
1.4	Streep witte uitslag
	Oud veen met gelen uitslag (*zuur*)
1.50	Oud veen, zonder uitslag
4 M.	Blauwe klei

Uit al deze waarnemingen blijkt het volgende:

Waar de kleilaag door een dijk afgesloten was van het brakke water, en met goed gras begroeid, komt geene zuurheid in den bodem voor. Zoo bijv.

[1]) Dit profiel geldt voor het midden van het eilandje. Naar den omtrek toe daalt de oude grondlaag en is de laag nieuwe klei in dezelfde mate dikker tot 1.5 M. toenemend. Ook is het eiland grooter geweest dan geteekend is, want in de omgeving ten oosten en ten zuiden reikt de oude blauwe kleilaag nog tot op 2.5 M. — A. P. en het veen tot op 3.25 — A. P.

was het eiland de Hoorn bedijkt en werd als grasland beweid. De bodem is niet zuur (Profiel I). Maar de smalle rand van het eiland, buiten den dijk gelegen, was met riet begroeid en door het brakke water bespoeld; deze bodem is vol zuren uitslag [1]).

Overal waar het brakke water den bodem bespoelde en riet gegroeid heeft, is zuurheid waargenomen. Leerrijk schijnt mij in dit opzicht vooral Profiel II, in het Heyningpoldertje, dat met een kadijkje beschermd was. Op dien bodem van klei groeide riet en witbol; deze werd niet overstroomd, ten zij door hooge vloeden, maar werd aan den oever bespoeld door IJwater. Op eene diepte van 5—7 d.M. heb ik de kleilaag zuur bevonden. Op eene zekere diepte dus onder den bodem begint de werking.

Zeer sterk heeft die werking plaats gehad in den uiterwaard N (Profiel III). Deze is vroeger met riet begroeid geweest, getuige de massa stengels, die in de onderste lagen aanwezig zijn. Onder de bovenlaag op 0.3 à 0.4 M. begint de zuurheid, is op 0.75 M. het sterkst; het ijzersulphaat is nog op 1.5 M. aanwezig [2]).

Daardoor is het nu ook verklaard, dat de bodem der eilandjes C, D, E, F, G en de randen om A, B, K, L, M [3]), *geheel* of *gedeeltelijk* zuur zijn bevonden (Profiel IV—VIII).

Deze eilandjes zijn met riet begroeid geweest, getuige de vele overblijfselen daarvan. Op eene geringe diepte beneden de oppervlakte is de zwavelijzervorming en vervolgens de zuurheid ontstaan, zooals uit Profiel II en III is af te leiden. Daarna zijn zij, zooals historisch bekend is, afgegraven geworden en verlaten, en allengs onder het water bedolven. Is dus de bovenste halve meter grond weg, dan ligt thans juist de zuurste laag boven en strekt zich uit tot ongeveer 2 M.—A.P. in de diepte, zooals overal gevonden is. Waar de bovengrond het diepst weggeslagen is, zooals in F en G, daar is ook van de zure laag het minst overgebleven; zij werd slechts eenige centimeters dik ge-

---

1) Het eiland Ruigoord (D) heb ik niet onderzocht. Het was evenzoo bedijkt en werd beweid.

2) Deze uiterwaard diende vóór de drooglegging voor het IJ voor hooigewinning. Sinds hoe vele jaren dat riet verdwenen en de cultuur door menschen heeft plaats gehad, laat zich niet terugvinden. Het land ontving elk jaar eene zwakke bemesting met slib, omdat het bij hooge vloeden overstroomd werd. Daardoor was het goed hooiland. De tegenwoogdige eigenaar vermoedde niet, welke giftige laag onder zijn weiland verscholen lag. Hij verkocht de zes bovenste decimeters van eenige hectaren aan de spoorwegmaatschappij om afgegraven te worden en tot den bouw van den spoorwegdijk te dienen. Dit leidde juist tot de ontdekking der zure laag. Want op dezen afgegraven bodem wilde geen gewas meer groeien.

3) De buitendijksranden van den Inlaagpolder I heb ik niet onderzocht.

vonden. Aan den oever (K, L) is hetzelfde waargenomen. De buitendijks-oeverranden waren met riet begroeid. Het zure laagje van 1.25—1.5—A.P. is van den ondergrond overgebleven. Op dezen zuren bodem heeft zich zonder merkbaren overgang de vruchtbare (koolzure kalkrijke) nieuwe IJklei afgezet (zie Profielen VI, VII, VIII). Deze zure vorming is geschied tijdens deze eilanden nog tot boven het water reikten en *begroeid* waren; zij kan zich na dien tijd in de van de lucht afgesloten en door het water bedekte ondergrondslaag voortgezet hebben. Daarentegen is de veenrand aan de noordelijke grens der Zaandammer- en Westzanerpolders vrij van zuurheid. Deze veenrand, het overblijfsel der oude veenvorming in het IJ, is niet met eene laag nieuwe klei bedekt geworden, omdat hij daarvoor te hoog lag. Maar hij was niet begroeid met riet [1]).

Wellicht wordt de opmerking gemaakt, dat ik hier in te veel bijzonderheden ben getreden. Ik meen dat zulks noodig is. Vooreerst moet de vervorming der aardkorst in de meeste gevallen door kleine plaatselijke, aanhoudend werkende, en elkaar gedurig afwisselende werkingen worden verklaard. Dit vereischt een nauwkeurig plaatselijk, historisch onderzoek. Indien men bijv. ergens in den bodem vindt eene laag beste klei, die plaatselijk op eene laag zure klei of zuur veen rust, dan schijnt zulks vreemd. Hier blijkt het nu, dat deze zure laag een overblijfsel is van eene vroegere vorming, die nog eene bijzondere geschiedenis heeft doorgemaakt. Zij is afkomstig van een eiland, hetwelk is overgebleven, terwijl daaromheen de veengrond was weggespoeld. Op dat eiland heeft riet gegroeid, nadat brak water den ontstanen zeeboezem had gevuld. Onder die omstandigheden is in den ondergrond pyriet gevormd.

Door afslag en afgraving is vervolgens de bovenste laag van 't eiland allengs verdwenen, de zure ondergrond blootgelegd en onder het water bedolven. De afzetting van nieuwe klei, die intusschen in dezen zeeboezem geregeld had plaats gehad, is daarna ook te dezer plaatse begonnen [2]).

In de tweede plaats acht ik de studie van zoovele plaatselijke bijzonderheden

---

[1]) De volgende uitspraak van een bekwamen landbouwer in die streek is dan ook juist: „Waar riet gegroeid heeft op de uiterwaarden of oeverranden is het *kwaad* voor den dag gekomen. Elders niet”.

[2]) Zoo schijnt het ook vreemd dat soms aderen nieuwe klei tusschen oude en verzuurde kleilagen worden aangetroffen b. v. in het Buitendijksland N van den Noordpolder. Dit is aldus te verklaren: Deze aderen zijn de oude slooten, welke in dien uiterwaard bestonden vóór de drooglegging. Het IJwater drong in die slooten door en vulde ze met nieuwe klei.

*

van belang, omdat hetgeen in het IJ geschied is, in den loop der eeuwen ook in hoofdzaak de geschiedenis moet wezen van de geheele alluviale vorming tusschen den duinketen en het Diluvium in Nederland en Oost-Friesland, en van de Noordzeekusten tot aan de Elbe.

Wat nu betreft voorbeelden van zure lagen, die ik in de binnenmeeren heb waargenomen, zoo komt het mij voor, dat deze de uit het IJ afgeleide beschouwing bevestigen.

2. *Zure lagen in binnenmeeren* (*Naarder Meer*, *Haarlemmer Meer*).

Naarder Meer (kaart II). Toen dit Meer voor twee jaren werd drooggemaakt, was het voor een deel een met riet begroeid moeras. Daarin vonden de werkingen plaats, die de zuurheid voortbrengen. Het Meer is gelegen ten zuiden van de stad Naarden, aan het meest oostelijke uiteinde van het diluviaal gebied, dus niet ver van de lage veenen ten oosten der Vecht en van de kleistrook, die haar aan beide zijden omzoomt. Daaraan is het zeker toe te schrijven, dat in het zuidwestelijk deel van het Naarder Meer op den zandbodem kleilagen van alluvialen oorsprong aanwezig zijn; in het noord-oostelijk gedeelte is het laagje zeer dun of ontbreekt.

Aan den westelijken en zuidelijken rand is eene strook, die vroeger geheel met riet begroeid was, welk riet regelmatig gesneden en verkocht werd. In den loop der jaren had zich eene dikke laag rietzodde van 0.8 tot 1.0 M. gevormd. Op die laag rietzodde groeide nog riet, en zelfs aan de oevers struikgewas. Dit laatste bestond uit een wilden opslag van wilgen, elzen en berken, welke met hunne wortels in de rietzodde doordrongen. Na de droogmaking werd deze laag plantenoverblijfselen aan de lucht blootgesteld en bleek spoedig sterk zuur te zijn; vooral in het onderste gedeelte. De bodem onder het riet bestaat uit klei, welke natuurlijk met zeer veel plantenoverblijfselen gemengd is. Zij is grootendeels van koolzure kalk beroofd en bevat veel pyriet. Aan de lucht gebracht, is ook deze klei gebleken in sterke mate zuur te zijn, en dus geheel onvruchtbaar. Op het kaartje zijn elf plaatsen aangegeven waar de ondergrond onder de rietzoddelaag werd onderzocht en sterk zuur bevonden (zie Tafel II). De kleilaag heeft eenige decimeters dikte, en rust op diluviaal zand. De rietgroei heeft hier het verschijnsel in hooge mate voortgebracht.

Het is echter de vraag van waar in dit binnenmeer, dat aan het uiteinde van de diluviaalvorming ligt, de groote hoeveelheid sulphaten afkomstig is, welke tot pyriet zijn omgezet.

Daar het water vóór de droogmaking zoet was (het werd gedronken), moeten de sulphaten grootendeels uit de diepte afkomstig zijn. Dat zulks het geval

is, bewijzen dunkt mij de volgende feiten. De laag klei, welke het diluviale zand van 1.5 tot 9 d.M. bedekt, bevat veel chloornatrium en sulphaat. Bij het boren van eene wel door eene Nortonpijp, werd tot 40 meters diepte steeds brak water opgepompt. Na de droogmaking werd een sterke kwel in den polder waargenomen; het water in de slooten werd brak. Toen het water in een gedeelte der polders werd afgedamd en dus een langeren tijd met de aarde in aanraking bleef, zonder weggepompt te worden, werd de brakheid veel sterker.

De ondergrond moet dus met andere zouthoudende lagen in het alluvium of met de zee in gemeenschap staan.

Vóór de droogmaking schijnt de kleilaag, en ook de druk van het water in het meer, het kwellen van het brakke grondwater genoegzaam tegengehouden te hebben, zoodat het bovenwater, hetwelk door het zakwater uit de diluviale omgeving en door den regen gevoed werd, zoet kon blijven.

Na het droogmalen en het schieten der slooten kreeg het brakke water uit den ondergrond de overhand. De toetreding der lucht bracht het kwaad aan den dag, hetwelk zich in de onderste laag gevormd had, waar rietoverblijfselen met brak water gedrenkt waren geweest.

Het Naarder Meer is daarom zulk een belangrijk voorbeeld, wijl daarin de geheele laag rietzodde, die de oorzaak van het verschijnsel is, nog aanwezig is.

Haarlemmermeerpolder (kaart III). In den Haarlemmermeerpolder, sinds 1854 droog gekomen, is mij het best bekend een deel der zure lagen aan den westelijken rand (tegenover Bennebroek in de sectiën N. Kavels 1 tot 6 en I. Kavels 18—20). Ik heb deze vroeger uitvoerig beschreven [1]). De zure laag van veen en klei of van klei alleen ligt aan de oppervlakte; zij is nog 1 M. of minder dik en gaat in vruchtbare blauwe klei met koolzure kalk over. Het is duidelijk dat ook deze zure laag op dezelfde wijze moet ontstaan zijn als die in het IJ. Immers op eene oude gedrukte kaart van het waterschap Rhijnland [2]) vond ik dat hier ter plaatse nog in 1531 het land boven water heeft gelegen en tusschen 1531—1591 allengs door afslag is verdwenen.

Op het hier bijgevoegde kaartje, aan BOLSTRA's kaart ontleend, zijn de zure plekken aangegeven [3]). De zure bodem dus, die in 1855 werd drooggelegd, is

---

[1]) *Scheik. Verh. en Onderz.* III, 2, blz. 218—221; ook in *Bodenuntersuchungen*, Seite 302.

[2]) „Afbeeldinge van Rhijnlands Waterstaat." Deze kaart is door den landmeter MELCHIOR BOLSTRA in 1740 geteekend. Hij heeft daarbij gebruik gemaakt van vroeger gedrukte kaarten van 1531, 1591, 1610 en van het Rhijnlandskaartboek van 1687. De grenzen van 1740 zijn door hem zelven gemeten.

[3]) De plaatsen van welke ik de grondgesteldheid heb aangegeven in mijne vroegere verhandeling (blz. 219 en 220) zijn op dit kaartje aangegeven (sectie N, kavel 1—5), sectie I, kavel 18 en sectie M.

daar ter plaatse de oude ondergrond van dat verdwenen land, hetwelk zonder twijfel lange jaren met riet begroeid en met het meer of minder brakke Haarlemmermeerwater in aanraking is geweest. Bovendien heeft brakwater, uit de diepere lagen opwellende, sulphaten aangevoerd, even zooals men dit moet aannemen voor het Naarder Meer.

Het kleine stuk land, gemerkt sectie M aan den ouden oeverrand, is daarentegen niet zuur. Maar dit is het hoogst gelegen en bestaat uit zuiver veen. Het is dus als een overgebleven stuk van den veengrond te beschouwen, die vroeger algemeen de bovenlaag van het verdwenen land vormde. Geene overblijfselen van eene rietbegroeiing waren daar zichtbaar. Overal waar de bodem dieper weggeslagen is, en waar zich geene moerassige eilanden of oevers hebben bevonden, die met riet begroeid waren, is de bodem des polders vrij van zuurheid bevonden.

3. *Zure gronden in de provincie Groningen.*

Deze komen voor in het zoogenaamde Lage land, het oude Duirswolde [1]). Uit het hierbij gevoegde kaartje IV blijkt de aard der landstreek. Evenals overal in Nederland, is hier het diluvium begrensd door veengronden. Deze hebben zich naar mijn gevoelen in eenen boezem tusschen dit diluvium en de noordelijke kleilagen gevormd. De streek is dus het oudste alluviale gedeelte der provincie, haar oostelijk gedeelte is in historischen tijd allengs door inbraken weggeslagen, welke den Dollard deden ontstaan [2]). In dien Dollard is sinds 1500 eene nieuwe en dikke laag klei aangeslibt, maar daaronder wordt het overblijfsel der oude veenlaag nog altijd aangetroffen, op $^1/_2$—3 Meters diepte. Op het kaartje is die nieuwvorming aangegeven.

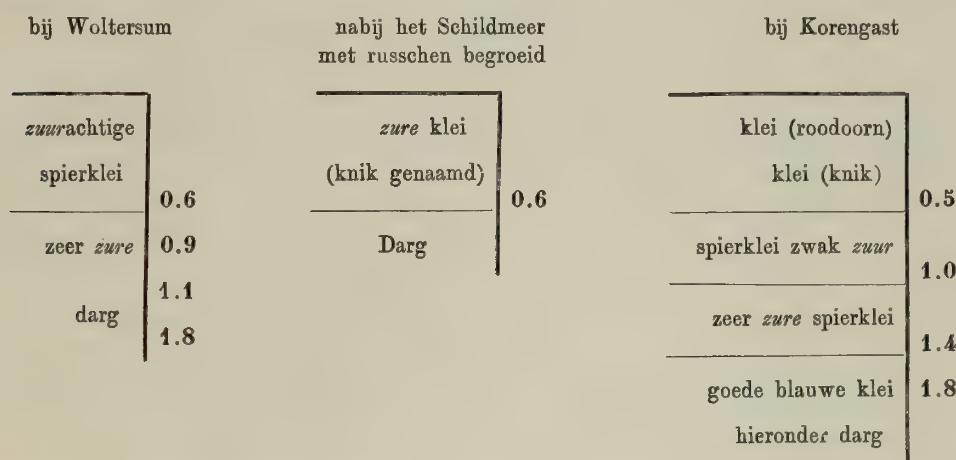
Het zuidwestelijke gedeelte van dit lage land bestaat uit lage veenen, waar goede baggerturf gewonnen wordt, hetgeen bewijst dat deze lagen niet met zeewaterzouten doordrongen zijn. Doch noordoostelijker liggen kleilagen boven of tusschen het veen, zoodat het veen allengs meer darg wordt. Ten oosten van het Schildmeer wordt de kleivorming overheerschend. Deze gansche streek be-

---

[1]) Uit den naam Wolde mag men zekerlijk afleiden dat het vroeger met woud bedekt is geweest, zooals op de veenmoerassen in Nederland algemeen het geval is geweest.

[2]) Dat de weggeslagen Dollard-landen dezelfde samenstelling hadden wordt bewezen door eene opmerking van Rengers van ten Post in zijne Kronijk I, 248: „De orsake des dullerts inbraek is „mede gewest, wantet lege landen unde thom deel darchachtig weren.” Hij vergelijkt ze met de gronden bij Meethuizen en Woltersum.

vatte vele plassen en poelen, de meeste daarvan zijn in lateren tijd drooggemaakt (het Schildmeer bestaat nog). De naam reeds duidt aan dat het land laag gelegen is, niet alleen lager dan het boven de zee verheven diluvium ten zuiden, maar ook lager dan de noordelijk gelegen kleivorming, die nog altijd met den naam Hoogeland door de bewoners wordt aangeduid. Het verkeerde vroeger in moerassigen toestand, en riet groeide op vele plaatsen, vooral aan de oevers der plassen. Bovendien is in den ondergrond nog veel zout en gips aanwezig. Zoo bijv. bevatte eene darg onder klei gelegen $^1/_2$ pCt. keukenzout, 1.5 pCt. natriumsulphaat en eenig kaliumsulphaat. Zie hier enkele voorbeelden van zure lagen, die ik heb waargenomen.



Meestal komt de zure laag onder de bovenlaag voor, die dan uit eene minder vruchtbare klei, roodoorn of knik genaamd, bestaat. In deze streek zijn dus op vele plaatsen de voorwaarden aanwezig geweest tot de zuurwording: 1° eene moerassige gesteldheid; 2° brakwaterzouten; 3° groei van riet en russchen. Thans groeit het riet nog aan de randen van het Schildmeer.

Ik heb de zure gronden zelf waargenomen tusschen Schildwolde en 't Schildmeer; zij komen veelvuldig voor om het Schildmeer, bij Grauwdijk, Woltersum, Luddeweer, Meethuizen. Toen het Meethuizermeer was drooggelegd, bleek een deel geheel verzuurd te zijn door ijzersulphaat.

Te Korengarst ligt de zure laag onder eene laag klei van *lateren* oorsprong. Dit laatste mag men aannemen, omdat de Dollardinbraak zich zoover heeft uitgestrekt (zie het kaartje), en dus eene nieuwe laag klei daar opgeslibt is. Hoe oud de ijzersulphaatvorming in dit oudste gedeelte van het alluvium van Groningen is, durf ik niet bepalen. Dagteekent zij reeds van den tijd toen dit land nog geheel moeras was en nu en dan met zeewater overstroomd werd,

of heeft de vorming op moerassige en met riet begroeide plekken onafgebroken plaats gehad, omdat uit den ondergrond een water opwelt hetwelk met de zee in gemeenschap staat en dus brakwaterzouten aanvoert? Het laatste is zeker het waarschijnlijkste. Merkwaardig is het zeker dat chloruren en sulphaten in dezen ondergrond nog altijd in zulk eene ruime hoeveelheid, zelfs in de bovenste laag (van 0.2 tot 1 M.), voorkomen.

Ofschoon het vreemd moge schijnen, dat in dit oudste alluviale gedeelte der provincie, ver van de zee afgelegen, zure gronden voorkomen, zoo blijkt, dat juist daar op vele plekken de voorwaarden voor de vorming van het ijzersulphaat aanwezig waren.

4. *Makkummermeer in Friesland.*

Dit Meer is in 1878 drooggemaakt. Een gedeelte, waar thans de ondergrond van eenen weggeslagen bodem blijkbaar boven ligt, is zeer zuur. Deze grond is vol gips en ijzersulphaat.

Aan de steile kanten nam ik overal op eene zekere diepte eenen rand waar van gelen uitslag onder de klei of het veen der (hier niet weggeslagen) bovenlaag. Dit stuk draagt nog den naam van Meerwal, en uit oude kaarten blijkt dat het Makkummermeer met de Zuiderzee verbonden is geweest, zoodat de met riet begroeide oevers met brak water bespoeld werden. Een deel daarvan is afgeslagen en zoo is de zure onderlaag bloot gekomen. Ook hier heeft dus de ijzersulphaatvorming op eene zekere diepte onder de met riet begroeide oppervlakte plaats gehad.

5. *De Zuiderzee (bezuiden de lijn Enkhuizen, Urk, Kampen) en het Wieringermeer (tusschen Wieringen en de Noord-Hollandsche kust).*

In deze binnenzee is in de laatste eeuwen eene nieuwe kleilaag van 1—3 Meters afgezet. Zure aarde is dan ook nergens door mij aangetroffen in de monsters der vijfhonderd boringen, dan alleen op eene enkele ondiepe plaats, zooals bij de Abbert, eene zandplaat.

Evenwel is het mogelijk dat *langs de kust van Noord-Holland* hier of daar overblijfselen liggen van klei- en veenlagen waarop vroeger riet heeft gegroeid, zoodat pyriet is gevormd [1]), terwijl de koolzure kalk uitgespoeld is.

---

[1]) Langs de Noord-Hollandsche kust bij Hoorn, in het Hoornsche hop, ligt de blauwe klei iets hooger onder het overblijfsel der oude veenlaag; enkele monsters van die blauwe klei uit het bovenste gedeelte der laag (dus grenzende aan het veen), met veendeelen gemengd en beroofd van koolzure kalk, waren zuur.

6. *Lage veenen in zoetwater gevormd.*

Legmeerplas. Deze plas levert een voorbeeld op hoe het in de groote veenformatie van Holland gesteld is, daar, waar in zoetwaterkommen van 4 tot 6 M. diepte uit waterplanten veen gevormd is. Het veen is echt laag veen, en bevat niet meer dan 5 tot 10 pCt. aschbestanddeelen. Het meer is enkel door uitveening ontstaan. Alleen de onderste laag van het veen is nog overgebleven; daarboven ligt eene laag losse, gedurende de verveening opgespoelde veenstof. Daaronder bevindt zich overal de blauwe klei, aanvangende op de normale diepte 4 tot 4.5 M.—A. P. Op een groot aantal plaatsen nam ik den overgang waar van het veen tot de klei. Veelal is het bovenste deel der klei ter dikte van 2—3 d.M. van koolzure kalk beroofd, en met rietstengels gemengd, maar toch niet overal. Had ik vroeger in dergelijke spierklei geene zuurheid bemerkt, hier nam ik (langs de Amsterdamsche tocht) verscheidene malen waar, dat ook in dit laagje, onmiddellijk onder het veen gelegen, zuurheid en geelachtige uitslag kunnen voorkomen.

Elders was de spierklei niet zuur. Bijv.:

Kavel XIII.

Oppervl. 3.5—4 M.—A.P.

overblijfsel der oude veenlaag	0.57	overblijfsel der oude veenlaag	0.9 M.
zure spierklei met uitslag	0.67	spierklei *niet zuur*	[1] 1.2 M.
spierklei *niet zuur*	0.7	blauwe klei met $CaCO_3$	2 M.
blauwe klei	0.9	blauwe klei wordt zandig	

7. *Kehdinger Moor bij de Elbe* (Hannover).

C. Virchow heeft den Maibolt (II), die onder de blauwe klei (Kuhlerde) van het Kehdinger Moor op 5.34 M. beneden gemiddelden Elbestand (5 à 6 M.

[1]) Deze laag van 3 d. M. onderzocht ik op vier onder elkander gelegen plekken.

onder het binnenste land) ligt, onderzocht en meent, dat ook hier vroeger, vóór de afzetting dezer nieuwe kleilaag, riet gegroeid heeft en de daaruit gevormde darglaag verdwenen is. Hij sluit zich bij mijne vroeger geuite meening aan [1]) dat overal op eene zure laag eene laag veen ligt of gelegen heeft. De zure laag in het Kehdinger Moor is blijkbaar ook een oude ondergrond, die weder onder water gekomen is, evenals de eilandjes in het IJ, waarna eene opslibbing van eene nieuwe kleilaag heeft plaats gehad, door welke de laag Kuhlerde is ontstaan.

II. Samenstelling der zure laag.

De bodem van het buitendijksland in den Noordpolder (N op de kaart) scheen mij tot een nader onderzoek het meest geschikt. De geanalyseerde monsters (1—6)

N⁰. 1 bovengrond-klei
„ 2 op 0.2 M.—klei
„ 3 op 0.5 M.—klei
„ 4 op 0.75 „ „
„ 5 op 1.00 „ „
„ 6 op 1.55 „ darg

zijn afkomstig van de plaats, waarvan het Profiel III gegeven is (blz. 40). De monsters I_a (1—4)

N⁰. 1 Bovengrond-klei
„ 2 op 0.2—klei
„ 3 op 0.3—klei
„ 4 op 0.4 tot 0.6—klei

zijn afkomstig van eene andere plaats, op eenigen afstand gelegen; de monsters II, II_a en III van een gedeelte des uiterwaards, waar vóór eenige jaren de bovenste 6 d.M., dus tot midden in de zure laag, waren afgegraven. Deze zure laag, thans bovengrond geworden, was geploegd en geëgd en aan de inwerking der lucht blootgesteld geworden.

---

[1]) *Bodenuntersuchungen*, u. s. w. S. 273.

II op 0.6 Thans bovengrond-klei
II_a op 0.6 „ „ „
III. 1 op 0.6 „ „ veenrijke klei
III. 2 Veen, onder III 1.

Het monster IV is zuur veen van 't eilandje Buitenheyning in het voormalige IJ.

Het monster V is zure ligte klei van het eilandje E (groote IJpolder).

De monsters VI zure klei
De monsters VII zure rietzodde } uit het Naardermeer.

Ter vergelijking van deze zure klei met de oorspronkelijke slib in verschen toestand, verwijs ik naar de analysen van de IJklei uit de pas droog gemaakte polders, van een monster zeer ligte klei uit de Zuiderzee (Wieringermeer) en van zware klei uit de Zuiderzee, alle medegedeeld in de vorige verhandeling over de samenstelling der IJklei [1]).

a. Uitwendig voorkomen.

Het uitvoerigste onderzoek gold de monsters, afkomstig van den kleibodem

[1]) De analysen omvatten geheel of ten deele:

Het waterig aftreksel.

Het zoutzure aftreksel, waarvoor veel sterk zoutzuur, óf met 1 deel water verdund, óf nog slapper gebruikt werd, onder verwarming.

Het onoplosbare deel, na de uittrekking met zoutzuur, soms nog met zwavelzuur ontleed.

De bepaling van het zwavelgehalte in het residu van de uittrekking met water en zoutzuur, hetzij door behandeling met koningswater, hetzij door smelting met eene ruime hoeveelheid soda en salpeter; bovendien de bepaling van de geheele hoeveelheid zwavel als SO_3, $Fe\,S_2$ en S aanwezig.

Omtrent de gevolgde methoden van analyse is in de Bijlage I medegedeeld, wat ter beoordeeling harer waarde noodig scheen. De uitkomsten van de analysen der waterige aftreksels, van de zwavelzuurbepalingen, enz., zijn ook in aequivalenten opgegeven, welke cijfers naast de procentcijfers geplaatst en gemakkelijk te onderscheiden zijn. Het komt mij voor dat aequivalentcijfers veelal veel belangrijker zijn dan procentcijfers, en dat het wenschelijk zou zijn die veel meer te gebruiken dan tot nu toe het geval is. Zij geven een veel beter gezicht op de betrekkelijke hoeveelheden, die van verschillende bestanddeelen aanwezig zijn, en doen den lezer onmiddellijk zien, hoeveel van elk der bestanddeelen zich met een of meer der andere verbinden kan of die vervangen. Zoo is het b. v. dikwijls belangrijker te weten hoeveel ijzeroxyd-aequivalenten tegenover aluinaarde-aeq., kalk-aeq. tegenover magnesia-aeq., kali-aeq. tegenover natron-aeq., zwavel-aeq. tegenover zwavelijzer-aeq. en zwavelzuur-aeq., aanwezig zijn, dan hoeveel ten honderd. Geeft men alleen gewichtsprocenten op, dan blijven vele verhoudingen verborgen. De tafels I, II en III bevatten de analysen der zure aarden.

Ook zijn de uitkomsten van eenige analysen op het silicaat alleen berekend, dus na aftrek van chloruren, carbonaten, sulphaten, organische stoffen, water (zie Tafels 8 en 9). Overzichten van bepaalde bestanddeelen komen voor op de Tafels IV—VII.

*

des uiterwaards N. Ik beschouw dezen uiterwaard als oud land, dat vroeger met riet begroeid was. Na het ontstaan van het IJ heeft het evenwel den invloed van hooge vloeden ondergaan en dus eenig slib ontvangen. Daarom konden voor de bedijking jaarlijks goede hooioogsten verkregen worden. De bovenste klei is zeer rijk aan plantenoverblijfselen en levende wortels. Het gehalte aan chloruren en sulphaten in de bovenste laag is thans gering; deze zijn sinds de bedijking reeds door het regenwater naar beneden gespoeld, zooals overal plaats vindt. Ook de koolzure kalk (met wat koolzure magnesia), die deze klei oorspronkelijk moet bevat hebben, is geheel verdwenen.

De zure klei, die onder deze klei op 0.3 M. ongeveer aanvangt, strekt zich tot ruim 1 M. uit, en wordt dan darg [1]) en ten slotte veen. Zij bevat geene levende wortels, maar vele plantaardige overblijfselen, vooral stengels of beter gezegd stukken van wortelstokken van riet.

Die stukken zijn dikwijls omgeven door den gelen uitslag van ferrisulphaat, waarover nader. Gipskristalletjes ziet men in de droge aarde juist ter plaatse waar holten zijn, waarin stengeldeelen zich bevinden, terwijl de stengels en de holten met zuren uitslag bekleed zijn. Andere stengelstukken en plantaardige deelen zijn zwart en vertoonen den uitslag niet.

In de zure klei, welke aan de inwerking der lucht is blootgesteld geweest (dus II en III), is de gele uitslag zeer aanzienlijk; veel sterker dan in het bovenste gedeelte der nog in oorspronkelijken toestand verkeerende zure laag (I 3 en I_a 3 en 4). Daarentegen in het dieper liggende gedeelte is weinig of geen uitslag te zien (I 5 en 6), en de aarde zelve heeft ook eene zwartere kleur; niet alleen de organische overblijfselen, maar ook de klei.

Onder den mikroskoop nam ik het volgende waar:

De zure klei vertoont zich als een mengsel van vormelooze kleideeltjes, scherpkantig gruis, zeer kleine kwartskorreltjes en plantaardige weefselstukjes. Diatomeeën ontbreken geenszins, meest soorten van Navicula, minder van Coscinodiscus en Actinocyclus. Kalkpantsers komen natuurlijk niet voor, zij zijn reeds voor langen tijd door het koolzuur of althans door het zwavelzuur opgelost geworden. Met pyrietkristallen gevulde diatomeeën nam ik weinig waar; in het plantaardige weefsel zijn de pyrietkorreltjes hier en daar te zien.

De pyriet is nevens het ferrisulphaat kenschetsend voor de zure lagen. Ook

---

[1]) Onder darg verstaat men in Groningen en Friesland gewoonlijk de veenlagen tusschen de kleilagen, welke dikwijls maar toch niet altijd kleihoudend zijn. Ik gebruik dien naam meer bepaald voor met klei vermengde veenaarde.

in de diepere lagen van uit zeewater bezonken klei, die de *normale* samenstelling bezit, komt de pyriet altijd voor als groenachtig zwarte lichaampjes, meestal rond, soms duidelijk kubisch. Zij hangen meest groepsgewijze te zamen. Zij liggen in de kiezelpantsers der diatomeeën, in de hokjes der Foraminiferenschalen, in de holten der plantencellen en in bruinachtige moleculaire humusmassa's. Zoo beschrijft HARTING hun voorkomen in de kleilagen onder Amsterdam 3—40 M.—A.P. (blz. 108). Zoo nam ik ze ook altijd waar in de blauwe klei, — laatstelijk nog in een monster ligte klei (zavel) uit den mond der Maas bij den hoek van Holland op 6 M.—A.P.; vooral de ophoopingen van korreltjes waren veelvuldig in diatomeeënpantsers besloten, of daaruit los gekomen.

In de zure klei I 4 op 0.75 M. komen de pyrietkorrels voor. In geen deeltje klei ontbreken zij. De ronde bolletjes zijn van zeer verschillende grootte.

Vooral in holten, wier wanden met organische stof bekleed zijn, en in welke een zwart rietstengeltje besloten is, kon ik de pyrietkorrels rijkelijk vinden; in het algemeen, waar een zwart vezeltje gelegen was, kwamen eene menigte zwarte bolletjes voor den dag. Herhaaldelijk heb ik zulks waargenomen. Na behandeling met zoutzuur — op het voorwerpglaasje van den mikroskoop — was het aantal der zwarte korrels veel kleiner geworden, en na behandeling met salpeterzuur waren zij verdwenen. Slechts onregelmatig gevormde kantige zwarte stukjes bleven dan over. Zoutzuur lost de pyriet niet op. Ook de analysen (Tafel VI. *b*.) toonen aan, dat evenveel zwavelzuur verkregen wordt door de opvolgende behandeling der aarde met water, zoutzuur, koningswater, als door eene dadelijke behandeling met koningswater (of wel smelting met soda en salpeter). Wanneer dus door zoutzuur de bolletjes verdwijnen of kleiner worden, dan moet een gedeelte daarvan reeds geoxydeerd zijn. Het scheen mij toe dat vóór de behandeling met zoutzuur vele bolletjes bruinachtig van kleur waren, en daarna allen eene zwarte kleur vertoonden. In I 5 en I 7 werden evenzoo vele bolletjes gezien.

In de klei van I 3 en van I_a 4, dus van het bovenste gedeelte der zure laag, zijn de pyrietkorrels zeldzaam. De analyse wijst hierin slechts weinig zwavelijzer aan.

In de zure kleilaag, welke ontbloot en aan de lucht en aan bewerking is blootgesteld geworden, II en III 1 (de laatste is het rijkst aan gelen uitslag van ferrisulphaat), zijn wel bruinzwarte, zelfs roodbruine korreltjes te zien, maar zij verwijnen grootendeels door zoutzuur. In de klei zelve zijn zeer weinige, maar op plekken waar vezels liggen, met uitslag omgeven, en met gipskristallen, zag ik dikwijls vele bolletjes. De analyse wijst evenwel weinig pyriet aan. Ik moet dus aannemen, dat deze bolletjes uit reeds geheel of gedeeltelijk

geoxydeerd pyriet bestaan, die den vorm nog behouden hebben. Beziet men een proefje van den verzamelden gelen uitslag na eene zachte opwrijving met water, dan is deze vormeloos.

In het algemeen durf ik niet beweren, dat de hoeveelheid waargenomen korreltjes geheel beantwoordt aan de door de analysen bepaalde hoeveelheid pyriet. Dit kan daaraan toegeschreven worden: vooreerst dat het zwavelijzer dáár voorkomt waar plantaardige overblijfelen en diatomeeën zich bevinden, en dus ongelijkmatig verspreid is, ten tweede dat het reeds ten deele geoxydeerd is.

Dat de vorming van pyriet op bepaalde plaatsen geschiedt, mag men daaruit afleiden, dat zij in hoopjes bijeengevonden wordt. De diatomeeën hebben waarschijnlijk een niet onbelangrijk aandeel aan de vorming gehad. In de plantaardige weefsels vindt men ze niet altijd, slechts hier en daar.

De zure darghoudende klei (dargmaibolt), waar zij, zooals in den uiterwaard N, door de afgraving bovengrond is geworden, draagt geene levende planten. Zij is geheel onvruchtbaar. Geen plantaardig en waarschijnlijk ook geen dierlijk leven vindt daarin plaats. De vele stengels en andere plantenoverblijfselen veranderen niet in zwarten vruchtbaren humus, maar blijven schijnbaar onveranderd.

Ik deel thans mede, wat de analysen hebben geleerd, ten eerste omtrent verschillende bestanddeelen:

De in water oplosbare zouten.

Den gelen uitslag.

De pyriet.

Vervolgens omtrent de beweging, ophooping en omzetting der bestanddeelen, die in den bodem moeten plaats gehad hebben:

van de chloruren.
„ het zwavelzuur.
„ de kalk, magnesia, alkaliën.
„ het ijzer.
„ het silicaat.

Ten slotte omtrent het verband en de oorzaken dezer werkingen.

b. Scheikundige samenstelling in het algemeen.

De aarde in de opvolgende lagen I 1 tot 5, en evenzoo II en III 1, is eene zware klei. Dit blijkt uit het mikroskopisch onderzoek, en wordt bevestigd door de slibbing en de analysen van het silicaat. Zij bevat bijna geene grovere zandkorrels, die bij het slibben door een zeer zachten stroom water in een cylinder terugblijven; de verhouding van $Si\,O_2$ tot $Al_2\,O_3$ is in deze aarde 1 : 3.2 (Tafel VII).

Zij is dus nog zwaarder dan de meeste nieuwe IJklei, in welke die verhouding is 1 : 4.

Zij zou den naam reeds kunnen dragen van dargklei — *spierklei* noemen haar de polderbewoners — want zij bevat veel organische stof. Het water, hetwelk de minerale deelen nog bij 130° terughouden, kan niet meer bedragen dan 2 pCt. [1]), dus bevat de klei — op de bij 130° gedroogde aarde berekend — eene hoeveelheid organische stof van 15 tot 20 pCt., III zelfs ± 25 pCt., terwijl de nieuwe IJklei slechts ± 7 pCt. bevat. De darg I 6 op 1.5 M. bevat ruim 50 pCt. organische stof. Het veen III^2 is geheel vrij van ingemengde klei, dus zuiver veen.

De klei onderscheidt zich in de samenstelling van haar silicaat niet van andere klei, wat betreft de geheele hoeveelheid aluinaarde, alkaliën en alkalische aarden. Wel biedt het ijzergehalte een belangrijk verschil aan, en evenzoo het gehalte aan sulphaten.

c. *Het waterig aftreksel.*

Het is bekend, dat het water uit de zure aarde nevens zwavelzure kalk en zwavelzure magnesia ook ijzersulphaat oplost. Maar het was de vraag of ook aluminiumsulphaat wordt opgelost en bovendien vrij zwavelzuur.

Overziet men de verschillende analysen der waterige aftreksels (Tafel IV *a* en *b*), dan blijkt dat de cijfers zeer uiteenloopen, ja dat van dezelfde aarde verschillende uitkomsten verkregen zijn.

De zure aarde I_a 4, dus eene aarde die nog onder de bovenlaag bedekt ligt, gaf in twee analysen:

	10 Gram geschud met 250 C.C. water		5 Gram met water uitgespoeld	
Fe_2O_3 [2])	0.03 pCt.	= 0.12 Aeq. [3])	0.23 pCt.	= 0.87 Aeq.
Al_2O_3) [4])	0.41 „	= 2.40 „	0.29 „	= 1.71
		2.52 Aeq.		2.58 Aeq.

[1]) Zie de vorige verhandeling, bladz. 21.

[2]) Het ijzer is in de waterige aftreksels als Fe_2O_3 in rekening gebracht, ofschoon een deel als FeO aanwezig is. Daar de bepaling van het FeO, door titreering met chamaeleon, niet nauwkeurig kon gedaan worden, om reden van eenige opgeloste humusstof, heb ik die slechts enkele malen verricht.

[3]) Het aantal aequivalenten is uitgedrukt in aequivalenten SO_3 naar de formulen $Fe_2O_3 . 3(SO_3)$ en $Al_2O_3 . 3(SO_3)$.

[4]) Dat werkelijk aluinaarde aanwezig was, werd gecontroleerd door eene hoeveelheid neêrslag van Fe_2O_3 en Al_2O_3 met kali te scheiden, en de weder neêrgeslagen Al_2O_3, na weging, met FlH en H_2SO_4 te behandelen. Het gewicht bleef onveranderd. De neêrslag was dus Al_2O_3 vrij van SiO_2.

Eene dergelijke uitkomst gaf de zure aarde I 4 op 0.75 M.:

	5 Gram met 200 C. C. water geschud en daarna nog eens met 200 C. C.	5 Gram met 450 C. C. water geschud	25 Gram met 250 C. C. water geschud
Fe_2O_3	0.30 pCt. = 1.11 Aeq.	0.25 pCt. = 0 93 Aeq.	0.08 pCt. = 0.24 Aeq.
Al_2O_3	0.29 〃 = 1.74 〃	0.19 〃 = 1.11 〃	0.05 〃 = 0.30 〃
	2.85 Aeq.	2.04 Aeq.	0.54 Aeq.

Ook de hoeveelheden gips en magnesiumsulphaat verschillen.
De zeer zure aarde II_a (10 Gram met 300 C.C. water):

Fe_2O_3.	0.64 pCt. = 2.4 Aeq.
Al_2O_3.	0.0 „ = 0.0 „
	2.4 Aeq.

Naarmate met andere hoeveelheden water wordt geschud, en naarmate snel gespoeld of lang geschud wordt, verkrijgt de oplossing eene andere samenstelling, en kan zelfs het ferrisulphaat grootendeels vervangen worden door aluminiumsulphaat. Dat is niet vreemd. Er heeft terugwerking van de uit enkele deeltjes der aarde opgeloste bestanddeelen op de geheele hoeveelheid aarde plaats. Dit bewijst hoe weinig men kan afleiden uit de samenstelling van een aftreksel ten opzichte van de wijze, waarop de bestanddeelen in de aarde aanwezig waren. De hoeveelheid water en de tijd spelen daarbij een rol, zoodat hetgeen uit de verschillende deelen der aarde bij de eerste aanraking met water wordt opgelost, weder gewijzigd wordt door de aanraking met veel water, en met alle deelen der aarde.

Zoo kan oplosbaar ferrisulphaat terugwerken op onoplosbaar basisch aluminiumsulphaat en vormen onoplosbaar basisch ferrisulphaat en oplosbaar aluminiumsulphaat. De zure klei bevat ferrisulphaat dat grootendeels basisch is. Als zij met water behandeld wordt, zal het oplosbare ferrisulphaat, waar het aanwezig is ($Fe_2O_3 . 3SO_3$) zich oplossen, maar dit kan weder eenig Fe_2O_3 uit andere deelen der aarde opnemen; ook kan basisch zout door water ontleed worden, en, onder vorming van een meer basisch zout, eenig normaal ferrisulphaat, ja nog vrij zwavelzuur afgeven. Het laatste zal alleen in oplossing komen, als het geen tijd vindt op dat gedeelte van het kleisilicaat of van het humaat terug te werken, hetwelk ijzeroxyde en eenige kalk, natron enz. gemak-

kelijk loslaat. Het is dus te verwachten dat men, al naar gelang van de wijze van uittrekking, 1° eenig of geen vrij zwavelzuur in oplossing verkrijgt, ofschoon altijd weinig, 2° verschillende hoeveelheden kalk, magnesia, natron, ijzeroxydule en ijzeroxyde.

De analysen bevestigen deze beschouwing.

Toen 60 Gram nog vochtige aarde (luchtdroog 26 Gram) van III . 1 behandeld werden met 500 C.C. water, en vervolgens herhaalde malen met 200 C.C. water, bleek het dat kleine hoeveelheden vrij zwavelzuur in afnemende hoeveelheid opgelost, en dus aan het basische sulphaat in de aarde onttrokken werden.

De zuurheid werd met $^1/_{10}$ normaal ammonia getitreerd, het ijzeroxyde en de aluinaarde werden afzonderlijk bepaald.

De geheele hoeveelheid uit 26 Gram opgelost is hier in Aequivalenten opgegeven (niet op 100).

$$1 \text{ Aeq. } SO_3 = 40 \text{ m.Gr.}; \ 1 \text{ Aeq. } Fe_2O_3 = \frac{80}{3} \text{ m.Gr.}; \ 1 \text{ Aeq. } Al_2O_3 = \frac{51}{3} \text{ m.Gr.}$$

26 Gram aarde uitgetrokken achtereenvolgens met	Zuurheid in Aequiv.		Zwavelzuur in Aeq. berekend uit de gevondene hoeveelheid Fe_2O_3 en Al_2O_3, als normaal zout	Verschil in Aeq. = Aeq. vrij zuur	Gevondene hoeveelheid zwavelzuur in Aeq. (gebonden aan Fe, Al, Ca, Mg, K, Na)
500 C. C. water	2.8		2.2	0.6	4.4
200 〃 〃	0.42	0.83	0.2	0.6	1.0
200 〃 〃	0.15				
200 〃 〃	0.07				
200 〃 〃	0.08				
200 〃 〃	0.05				
200 〃 〃	0.05				
150 〃 〃	0.03				
				Som 1.2 Aeq.	

= 48 m.Gr. = 0.18 pCt. vrij zwavelzuur.

Het vrije zuur moet nog iets grooter zijn dan de berekende hoeveelheid, omdat een klein deel van het ijzer als ferrosulphaat aanwezig was, en dus het cijfer 2.2 Aeq. in kolom 3 iets te hoog berekend is.

De overige analysen, waarbij eene zekere hoeveelheid aarde met eene ruime hoeveelheid water eenmaal behandeld is (zie Tafels IV *a* en *b*), leeren, dat bij de zuurste aarden vrij zwavelzuur in het waterige aftreksel voor den dag komt,

zooals bij III 2, IV, V, en II_a — vooral wanneer de aarde snel is uitgespoeld en niet lang met water geschud. Maar als dit laatste wel het geval is geweest, overtreffen de bases de zuren met een klein bedrag (zie Tafel IV_a, voor de aarden I 4, I_a 4, [1]).

Er wordt dus door water uit de zure klei of het zure veen vrij zwavelzuur in oplossing gebracht. Men moet daarom: of vrij zwavelzuur in de aarde op enkele plekjes aannemen [2]), of wel de aanwezigheid van het vrije zwavelzuur in het waterig aftreksel aan eene ontleding van basisch ferrisulphaat door het water toeschrijven.

De analysen der waterige aftreksels kunnen trouwens niet nauwkeurig leeren, hoe het aanwezige zwavelzuur tusschen $Fe_2 O_3$, $Al_2 O_3$, $Fe O$, en de vier alkalische bases *in de aarde zelve* verdeeld is, maar alleen hoeveel nevens elkander in oplossing is gekomen, als de aarde met eene zekere hoeveelheid water behandeld is. Bij die inwerking van het water kan uitwisseling plaats gehad hebben tusschen de oorspronkelijk bestaande zouten, en de bases van het zeolithisch silicaat en het humaat [3]).

De hoeveelheid humusachtige stof in de waterige aftreksels van zure klei of zuur veen is klein. Zij deelen geenerlei kleur aan het water mede. Juist door kleurloosheid en ook door helderheid onderscheiden zich de waterige aftreksels der zure aarden van die van gewone aarden; zij laten zich snel affiltreeren.

Dit is daaraan toe te schrijven dat ferri- en aluminiumzouten een bijzonder sterk stollingsvermogen voor de colloïdale bestanddeelen der aarde bezitten, zoodat deze het water beter doorlaten en het filtrum niet verstoppen.

De kennis die wij van de humusstoffen bezitten, is te gering, om uit te

---

[1]) Ik heb het vrije zwavelzuur ook bepaald door titratie met ammonia, en aftrekking van de hoeveelheid zwavelzuur die uit het gehalte aan ijzer en Al_2O_3 berekend wordt (zie tafel IVa). De uitkomsten stemmen wel ongeveer met de berekening van het vrije zwavelzuur uit de bases en zuren maar zij zijn toch niet nauwkeuriger. Het onzijdigheidspunt, als alle ijzeroxyde en aluinaarde is neergeslagen, is niet scherp waar te nemen.

[2]) VIRCHOW bepaalt het vrije zuur door uittrekking der aarde met alcohol. In de zeer zure Dargmaibolt II vindt hij op die wijze 0.27 pCt. = 0.6 Aeq. Kan echter de alcohol aan ferrisulphaat geen zwavelzuur onttrekken?

[3]) De berekening van de hoeveelheid $K_2 SO_4$ enz. door VIRCHOW (in de door hem onderzochte monsters), in het aftreksel met zoutzuur, zonder eerst met water uitgetrokken te hebben, schijnt mij geheel onaannemelijk. Zoo is de hoeveelheid $K_2 SO_4$ zeker niet zoo groot in Dargmaibolt II als berekend wordt. Zelfs als die aarde met water ware uitgetrokken geworden, zoude het onzeker blijven of de gevonden kali oorspronkelijk als sulphaat aanwezig was. Zoutzuur trekt kali uit het zeolithische silicaat en deze kali kan zeker niet als sulphaat aanwezig zijn geweest. Toch berekent Virchow al de door zoutzuur opgeloste kali als aan zwavelzuur gebonden. Dit is stellig onjuist.

maken, welke soort humusstoffen onder die omstandigheden in water oplossen, en of deze bases kunnen gebonden houden. Wij kunnen alleen aanvoeren, dat de gele en bruine stoffen, die als alkalische humaten in water oplossen, grootendeels door sterke zuren worden neergeslagen, en daarmede in verband brengen, dat de waterige aftreksels kleurloos zijn. Of men mag aannemen dat degene, welke uit de zure aarden in oplossing komen, eenig ijzeroxyde en aluinaarde gebonden houden, en in die mate meer vrij zwavelzuur doen ontstaan, is twijfelachtig.

Wel komen humaten van ijzer en aluinaarde in geel en bruin grondwater voor. Maar in dat geval is ook de hoeveelheid zwavelzuur geringer. Men treft zulks algemeen aan in moerassige veenige gronden. Tot staving daarvan voer ik aan: 1⁰ eene door mij onderzochte veenklei, in een moerassigen toestand aan de grenzen van het diluvium op diluviaal zand gelegen (in 't Westerkwartier van Groningen nabij Oldekerk). Haar waterig aftreksel was rijk aan gele humusstof, aan ijzeroxyde en ijzeroxydule, maar niet aan zwavelzuur; 2⁰ het grondwater [1]) uit de hoogveenvorming bij Veenhuizen in Drenthe, bruingeel van kleur, van zwak zure reactie, hetwelk geene koolzure zouten, maar ijzeroxyd-oxydule (en aluinaarde) bevat dat — volgens de cijfers der analyse — niet als sulphaat of chloruur, maar als humaat in oplossing was.

d. De gele uitslag.

De gele uitslag is bij onderzoek gebleken een basisch ferrisulphaat te zijn. Het is niet mogelijk dien uitslag geheel vrij van organische vezels en klei te verkrijgen. Om het te verzamelen werd de uitslag in verschillende stukken klei van II uit de holten der rietpijpjes verzameld.

Het poeder der eerste analyse bevatte nog $^1/_3$ klei ingemengd. Door uitlezen en ziften verkreeg ik later twee hoeveelheden, die slechts $^1/_4$ aan klei ingemengd hielden (Analysen 2 en 3, Tafel V [2]). Tevens werd de van uitslag zooveel mogelijk bevrijde klei geanalyseerd. (Analyse 4).

Uit de analysen blijkt dat de eerste hoeveelheid bijna geene gips inhield, de tweede het meest.

Water lost weinig zwavelzuur en slechts een spoor ijzerzout op. Het gele poeder was dus reeds zoover door water ontleed geworden, dat eene behandeling met

[1]) Zie H. F. KUIPER. Scheik. onderz. van het water der kolonie Veenhuizen. In MULDER's *Scheik. Verh. en Onderz.* III, 2, bladz. 178.

[2]) Analyse 3 bevat de cijfers van twee zeer goed overeenkomende analysen. Bij eene daarvan werd de stof in eenen gewogen glazen toestel verhit in eenen stroom drooge zuurstof, en het water en koolzuur opgevangen in chloorcalcium en in kalioplossing. Zeer weinig zwavelzuur werd uitgedreven en in den ledigen arm van het dubbel Uvormige $CaCl_2$ buisje teruggehouden.

*

water slechts sporen daarvan in oplossing bracht. Daarentegen loste water nog eene bemerkbare hoeveelheid ijzersulphaat uit de klei zelve op. Dit is merkwaardig.

De gipskristalletjes vindt men in de luchtdroge aarde vooral nabij den uitslag afgezet. Overigens is het gipsgehalte der zure aarden zeer verschillend.

Waterig aftreksel (in Aequiv. ten honderd).

	Gele uitslag (Analyse 2)	Klei van uitslag zooveel mogelijk bevrijd	II klei met uitslag (een ander monster)
CaO	2.57 Aeq.	0.28 Aeq.	1.47 Aeq.
MgO	0.35 "	0.5 "	0.54 "
Fe_2O_3 en Al_2O_3	spoor	± 0.75 "	± 0.2 "
	2.9	1.5	2.2
SO_3	2.9	2.0	2.16

De samenstelling van het gele poeder kan bij benadering uit de analysen op Tafel V opgemaakt worden.

De kalk kan voor een klein deel als humuszure kalk aanwezig zijn, in zoutzuur oplosbaar. Dit bleek althans uit de analyse van III 2, zuur veen. Uit het kleisilicaat lost slap zoutzuur eenige magnesia en aluinaarde op. Die magnesia mag geheel, doch de gevondene aluinaarde niet geheel buiten rekening blijven, want er kan basisch aluminiumsulphaat bij het basisch ferrisulphaat aanwezig zijn. Dit is zelfs met eenige zekerheid af te leiden uit de vergelijking van analysen 1—3 met analyse 4. Immers uit de zure klei die zooveel mogelijk van uitslag was bevrijd, en uit andere zure klei met weinig uitslag, loste slap zoutzuur 1.5 pCt. Al_2O_3 op, doch evenveel of nog meer uit den uitslag die slechts voor een klein deel uit klei bestaat. De hoeveelheid van deze laatste als maatstaf nemende, zoude in het gele poeder 1.8 Aeq. pCt. (Anal. 1) en 1.2 Aeq. pCt. (Anal. 2) Al_2O_3 als uit het silicaat afkomstig kunnen aangenomen worden, en dus 0.4 en 2.5 tot 3.0 Aeq. pCt. uit het sulphaat [1]).

[1]) Volgens onderstaande berekening:

	Klei I 3 met weinig uitslag	Klei zooveel mogelijk van uitslag bevrijd	Uitslag (Anal 1)	Uitslag (Anal 2 en 3)
In water onopl. minerale deelen (behalve ijzersulphaat)	± 70 pCt.	± 66 pCt.	± 38 pCt.	± 24 pCt.
Al_2O_3 door slap zoutz. opgel.	1.2 pCt. = 2.4 Aeq.	1.5 pCt. = 3 Aeq.	1.1 pCt. = 2.2 Aeq.	1.9 tot 2.15 pCt. = 3.7 tot 4.2 Aeq.
Al_2O_3 berekend op een gehalte van 1.5 deelen in 66 minerale deelen			0.9 pCt. = 1.8 Aeq.	0.6 pCt. = 1.2 Aeq.

Het ijzeroxyde is geheel als sulphaat in rekening gebracht, ofschoon slap zoutzuur uit de zure klei meer dan 1 pCt. ijzeroxyde (= ± 2.0 Aeq.) in oplossing brengt dat niet als sulphaat aanwezig was (Anal. 4, Tafel V). Men mag toch wel aannemen dat het gemakkelijk oplosbare ijzeroxyd uit de klei grootendeels, zoo niet geheel, tot sulphaat is geworden op de plaatsen, waar de gele uitslag zich vormt.

De berekening [1]) geeft dan de samenstelling:

---

[1]) *Analyse* 1.

Na verwijdering van de in water oplosbare deelen

in slap zoutzuur opgelost	Aeq. SO_3	. . . . 38.5 Aeq.	Verhouding 1.32 tot 1
	〃 Fe_2O_3	. . . . . 28.8	
	〃 Al_2O_3	2.2—1.8 = 0.4	
		29.2 〃	

Analyse 2.

De aequiv. hoeveelheden zwavelzuur, kalk en magnesia in het waterig aftreksel sluiten op elkander en kunnen dus buiten rekening blijven.

door half sterk zoutzuur opgelost	Aeq. SO_3	. . . . 51.4—2.2 Aeq. Ca O = 49.2 Aeq.	Verhouding 1.27 tot 1
	〃 Fe_2O_3	36.4	
	〃 Al_2O_3	3.7—1.2 = 2.5	
		38.9 〃	

Neemt men aan dat de kalk uit de humusstoffen afkomstig is, en dat het sterkere zoutzuur nog iets meer aluinaarde uit het silicaat heeft uitgetrokken, dan wordt de verhouding ongeveer 1.36 tot 1, gemiddeld 1 : 1.32.

Analyse 3.

Als de kalk geheel in rekening wordt gebracht.

door half sterk zoutzuur opgelost	Aeq. SO_3	. . . . 52.8—4.0 CaO en MgO = 48.8 Aeq.	Verhouding 1.24 tot 1
	〃 Fe_2O_3	36.5	
	〃 Al_2O_3	4.2—1.2 = 3.0	
		39.5 〃	

Als een klein deel der kalk als uit de humusstoffen afkomstig wordt beschouwd, en nog iets meer aluinaarde uit het silicaat is opgelost door het sterkere zoutzuur, dan wordt de verhouding 1.32 tot 1, gemiddeld 1.28 tot 1.

1.32 tot 1.28 Aeq. SO_3 op 1 Aeq. Fe_2O_3 (met eenige Al_2O_3).

De samenstelling ligt dus in tusschen de formulen:

$$3\ (Fe_2O_3) \, . \, 4\ (SO_3) \text{ en } 4\ (Fe_2O_3) \, . \, 5\ (SO_3)$$

waarbij men in het oog moet houden, dat daarbij eenig aluminiumsulphaat aanwezig is. Aangezien het zout uit $Fe_2O_3 . 4\ SO_3$ en $Fe_2O_3 . 2\ SO_3$ (door oxydatie van FeS_2 en $FeSO_4$) is ontstaan, zoo is het duidelijk dat hier geene vaste samenstelling te wachten is, maar een overgang tot $Fe_2O_3 . SO_3$. Het zout houdt dit zwavelzuur sterk vast, want bij verhitting beneden roodgloeihitte wordt het nog niet uitgedreven, zooals bij analyse 2 *b* bleek, en zelfs bij roodgloeihitte nog weinig. Eerst bij sterke roodgloeihitte ontwijkt al het zwavelzuur. Men kan de organische stof in de zure klei verkolen en in den moffel bij zachte gloeihitte geheel verbranden, zonder groot verlies van zwavelzuur uit het ferrisulphaat. Dit is mij meermalen gebleken.

De gele uitslag van ferrisulphaat is een amorph, waterhoudend zout. Beneden 100° wordt dit water niet uitgedreven, of althans slechts weinig [1]).

Bij grove benadering kan berekend worden 2 mol. H_2O op 1 mol. Fe_2O_3, welk water eerst bij sterke verhitting wordt uitgedreven. Dus ongeveer:

$$3\ Fe_2O_3 \, . \, 4\ SO_3 \, . \, 6\ H_2O \text{ of } 4\ Fe_2O_3 \, . \, 5\ SO_3 \, . \, 8\ H_2O.$$

Het is de vraag, in hoeverre dit basische ferrisulphaat overeenkomt met dergelijke afzettingen elders gevonden, en als eigenaardige mineralen beschreven.

Vermeld worden Fibroferriet, Carposideriet, Stypticiet, Raimondiet.

Het Fibroferriet wordt door PISANI beschreven als bestaande uit dunne gestreepte en doorschijnende vezels, stroogeel van kleur; de Carposideriet van de kust van Labrador en Groenland als eene stroogele niervormige massa, ge-

---

[1]) Het geheele verlies van het poeder van Anal. 3 bedroeg bij 100° 3.1 pCt., tusschen 100° en 150° nog 1.57 pCt., te samen 4.67; dat van het met zoutzuur uitgetrokken, uitgewasschen, en luchtdroog geworden poeder 1.2 pCt. bij 100°. Nu verliest de klei, als zij van zuren uitslag grootendeels bevrijd is, 8 pCt. water bij 100°. Omdat dit water zoowel van de organische stof als van de klei komt, laat zich niet wel berekenen hoeveel van de 3.1—1.2 pCt. = 1.9 pCt. of van de 4.67—1.2 = 3.47 pCt. water tot het ferrisulphaat behoort. Aangezien het onzeker is hoeveel waterstof in de organische stof bevat is, laat zich ook niet nauwkeurig berekenen, hoeveel van het verkregen water bij analyse 3 *a* als uitgedreven water in rekening moet gebracht worden, zelfs ofschoon het boven 150° uit de klei gedreven water wel verwaarloosd kan worden. Uit de analyse zou ongeveer volgen, dat het ferrisulphaat des gelen uitslags 2 mol. H_2O op 1 mol. Fe_2O_3 bevat.

vormd in kwartsrijke en limoniet bevattenden Micaschiefer. De Carposideriet is naar PISANI amorph en heeft tot formule:

$$(Fe_2 O_3)^3 . (SO_4)^4 . 6 H_2 O.$$

De vezelige en kristallijne daarentegen worden opgegeven [1]).

Stypticiet (ROSE) } Fibroferriet (FIELD) } $Fe_2 O_3 . 2 SO_3 . 10 H_2 O$ Raimondiet } $2 Fe_2 O_3 . 3 SO_3 . 6 H_2 O$

De analyse van Carposideriet van PISANI komt geheel overeen met die van den gelen uitslag. Het verzamelde poeder was alleen armer aan gips dan de Carposideriet. En aangezien de Carposideriet uit limoniethoudenden Micaschiefer gevormd is, en veel gips ingemengd bevat, zoo is de wijze van ontstaan zeker dezelfde. De gips van zeewater en de limoniet hebben ongetwijfeld onder den invloed van organische stof in dien verweerden schiefer tot de vorming bijgedragen van de stroogele massa's van Carposideriet.

Volgens GEUTHER is de natuurlijke vitriooloker $2 (Fe_2 O_3) . SO_3 . 6 (H_2 O)$.

---

[1]) Ik heb uit de gegevene cijfers het volgende berekend:

	SO_3	$Fe_2 O_3$	H_2O	
Fibroferriet	1.8	1	9^8	PISANI (C. R. 58—242 en 59—911).
"	2	1	10	FIELD.
"	1.7	1	8^8	PRIDEAUX. Uit Chili, kristallijnvezelig, groen (*Phil. Mag.* 1841—391).
Stypticiet	2	1	10^6	H. ROSE.
Raimondiet	3	2	6^5	RÜLE (*B. h. Zt.* 1866—149) Dunne zeshoekige tafels.
Carposideriet	1.3	1	2^7	} PISANI.
"	1.3	1	10^6	}

Uit de analyse van Carposideriet bereken ik:

	pCt.	Aeq. pCt.	Verhouding der aequiv. voor $Fe_2 O_3 = 1$
SO_3	25.52	63.8	1.276
$Fe_2 O_3$	40.—	50.—	1.—
Mn Θ	Spoor		
Gips	9.03	13.3	
Water	14.67	163.—	2.72 [na aftrek van 2 mol H_2O in de gips
Zand	14.78		
	100.—		

Dus ligt de samenstelling tusschen

$4 Fe_3 O_3 . 5 S O_3 . 10 H_2 O$

en

$3 Fe_2 O_3 . 4 SO_3 . 8 H_2 O$

De berekende hoeveelheid water zal wel iets te hoog zijn

Volgens PICKERING [1]) zet dit zout zich door dissociatie uit verdunde oplossingen van ferrisulphaat af, maar uit sterkere oplossingen zet zich een zout af met 57 pCt. Fe_2O_3 (watervrij berekend) dus 2 Fe_2O_3 . 3 SO_3. Het zout 3 Fe_2O_3 . 4 SO_3 verlangt 60 pCt. Fe_2O_3. Volgens MÜCK zet zich uit eene ijzervitriooloplossing, die allengs zuurstof opneemt, eerst 2 (Fe_2O_3) . SO_3 3 H_2O af, doch het volgende afzetsel verandert voortdurend en wordt zwavelzuurrijker, — naarmate de hoeveelheid gevormd ijzeroxyde toeneemt — maar bereikt niet meer 2 Fe_2O_3 . SO_3, zooals WITTSTEIN vroeger beweerd heeft.

Ofschoon dus het zeer basische zout met 2 mol. Fe_2O_3 op 1 mol. SO_3 eenigermate een eindpunt van ontleding van ferrisulphaat door water vormt, zoo hangt het blijkbaar van de verdunning der oplossing af, hoe sterk basisch het zout is, dat zich uit eene ferrisulphaatoplossing afzet.

In de zure kleilagen, zooals zij in het alluvium voorkomen, zijn voorwaarden aanwezig, waardoor het gele afzetsel, bestaande uit Fe_2O_3 met $1^1/_3$ of $1^1/_4$ SO_3 verbonden, meer of minder bestendigheid vertoont.

De hoeveelheid ijzersulphaat in de zure aarden aanwezig is berekend uit het zwavelzuurgehalte van het zoutzure aftreksel der reeds met water uitgetrokken aarde. Die berekening is slechts eene benadering, want door behandeling der aarde met veel water moet reeds eene verandering hebben plaats gehad in de samenstelling der aanwezige sulphaten. Voor de formule van het ijzersulphaat zijn twee grenzen aangenomen $(Fe_2O_3)^3$ $(SO_3)^4$ en Fe_2O_3 . SO_3. Een gedeelte van het ijzersulphaat in de aarde is bovendien nog rijker aan SO_3, want anders ware niet eenig normaal zout door water uit de aarde opgelost geworden.

e. Pyriet en zwavel.

Het mikroskopisch onderzoek heeft geleerd dat er zwarte ronde korrels zijn, die gedeeltelijk in zoutzuur oplossen.

Deze mogen dus gehouden worden voor pyriet en ferrisulphaat.

Om nu te bepalen hoeveel pyriet aanwezig was, werd de met sterk zoutzuur uitgetrokken aarde met koningswater geoxydeerd, en in dit aftreksel zwavelzuur en ijzer bepaald. Het was de vraag of door zoutzuur geene pyriet ontleed wordt. Reuk van zwavelwaterstof was in 't geheel niet te bemerken. De vergelijking van de hoeveelheden zwavelzuur verkregen: 1^0 bij de bepaling van al het zwa-

---

[1]) WITTSTEIN, *Jahresbericht* 1847/48—443.
MÜCK, *Jonrn. f. pr. ch.* 91—103 (1866).
PICKERING, *Journal Chem. Society* 1881—827.

velzuur na oxydatie door salpeter en soda (of koningswater); 2° door de behandeling met zoutzuur en vervolgens nog door oxydatie met koningswater of salpeter en soda leert; dat deze verschillen grootendeels binnen de fouten der analyse kunnen liggen, zoodat er alleen bij I 5 sprake zou kunnen zijn van een gering verlies (zie Tafel VI *b*).

Dat slap warm zoutzuur het ferrisulphaat niet geheel oplost, is herhaaldelijk gebleken. Maar half verdund sterk zoutzuur lost het bij verwarming geheel op (zie I 4 Tweede Analyse op Tafel III). Ook het ijzeroxyde wordt grootendeels opgelost door zoutzuur [1]). Het zwavelzuur en het ijzeroxyde dat *na* uittrekking met zoutzuur door koningswater wordt verkregen (of door soda en salpeter), is als $Fe\,S_2$ en als zwavel aanwezig geweest. De pyriet is uit het ijzergehalte berekend.

De pyriet komt voor in de zure kleilaag, toenemend naar gelang van de diepte, ja zelfs nog in de onderste darglaag (zie Tafel I).

	Uiterwaard Noordpolder (IJ)	Opvolgende grondlagen Uiterwaard Noordpolder (IJ)				Naarder Meer zandige darg drie monsters	
	op 0.4 à 0.5 M. zure spierklei	op 0.5 M. zure spierklei	op 0.75 M. zure spierklei	op 1.0 M. zure spierklei	op 1.5 M. darg	Onder eene laag rietzodde van 0.8 M. dikte gelegen	Zure darg maibolt VIRCHOW
Pyriet	0.4 pCt.	0.3 pCt.	1.6 pCt.	4.9 pCt.	2.0 pCt.	0.8 tot 1.7	5.75 pCt. [2])
waarin zwavel	0.2 pCt.	0.16 pCt.	0.8 pCt.	2.6 pCt.	1.0[6] pCt.	0.4 tot 0.9	3.07 pCt.

Er is nog meer zwavel, nevens de pyriet, in de dieper liggende en vooral dargrijker lagen aanwezig:

zwavel	weinig of niet	weinig of niet	0.5[7] pCt.	0.6[6] pCt.	1.6 pCt.	0.4 tot 0.8	1.45 pCt. [2])

[1]) Dit blijkt uit I, II, III 1 en III 2 (Tafel VII). Na de uittrekking met zoutzuur lost koningswater slechts een spoor ijzeroxyde op. Het onoplosbare silicaat bevat slechts eene kleine hoeveelheid ijzeroxyde — 0.3 pCt. in I 4.

[2]) Omgerekend op de geheele aarde. VIRCHOW geeft op 9.77 pCt. van de som der minerale stoffen. Uit eene schriftelijke mededeeling, die ik aan de goedheid van Dr. FLEISCHER te danken heb, blijkt dat VIRCHOW gebruikt heeft zoutzuur van 1.15 Spec. Gew. bij kookhitte. Ik mag dus aannemen dat hij ook al het ferrisulphaat uit zijne monsters maibolt had opgelost, vóór hij het pyrietgehalte bepaalde.

Is deze aarde aan de lucht en het hemelwater blootgesteld geweest en tevens aan bewerking, dan is de pyriet geheel of grootendeels verdwenen, en ook een groot deel der zwavel. Zij moeten oxydatie ondergaan hebben.

Daarentegen is in het veen, onder de 0.6 M. dikke laag zure klei III gelegen, nog veel zwavel aanwezig.

	Naarder meer	Uiterwaard Noordpolder (IJ)		
	Onder de laag rietzodde uitgegraven, en eenige maanden op het veld aan de lucht bloot gesteld	II	III 1	III 2
	Zure spierklei (2 monsters)	Zure spierklei gedurende ongeveer drie jaren aan de lucht blootgesteld		Veen onder III 1
Pyriet	0.3—0.45	weinig	weinig	weinig of niet
Zwavel	0.0—0.2	0.13	0.26	1.46

Dat die zwavel slechts voor een gering deel door zwavelkoolstof in oplossing wordt gebracht, is mij bij het onderzoek gebleken, evenals aan VIRCHOW.

Er blijft na verdamping der zwavelkoolstof eene gele organische stof terug, in welke geene kristallijne zwavel te ontdekken is, hoewel zij bleek zwavelhoudend te zijn. Zij werd nog eens met water afgewasschen en met koningswater geoxydeerd; vervolgens werd daarin het zwavelzuur bepaald. De aarde was vooraf op 100° gedroogd, opdat de zwavelkoolstof geen water zou opnemen en daarmede wellicht eenig zwavelzuur. De zwavelkoolstof was versch afgedistilleerd in eene afgeslotene flesch. Gevonden werd:

	4 Gram zure klei van I 4 op 0.75 M.	5 Gram zure klei van I 5 op 1.0 M.	6 Gram darg van I 6 op 1.60 M.	4 Gram zure klei I*a* 4 op 0.4 à 0.5 M.	VIRCHOW in Maibolt II
Zwavel door eerste uittrekking met CS_2	0.15 pCt.	0.25 pCt.	Spoor	0.06 pCt.	0.27 pCt.
Zwavel door eene tweede uittrekking		0.014 pCt.			

Of die zwavel dus als zwavel of als zwavelhoudende organische stof aanwezig is, kan uit deze waarneming niet bewezen worden [1]).

[1]) VIRCHOW brengt in herinnering, dat MAERCKER uit veen van lage veenen door distillatie in waterstof zwavel verkregen heeft (VIRCHOW, blz. 100).

Ik heb Dr. GILTAY verzocht om te onderzoeken, of eenige zwavel mikroskopisch te ontdekken ware. Dat de zwavel in den bodem ontstaan kan uit de reductie van sulphaten door de werking van organismen, hebben ETARD en OLIVIER [1]) en PLANCHUD [2]) aangetoond. Als Algen (zooals Beggiatoa, eene blauwe Oscillaria en eene Ulothrix) in gips- of natriumsulphaathoudende wateren groeien, vertoonen zij binnen het protoplasma der cellen korreltjes van zwavel. Deze verdwijnen weder als de algen overgebracht worden in water zonder sulphaten. De zwavelvorming houdt op zoodra de organismen door chloroform of carbolzuur gedood zijn. De zwavelkorreltjes zijn in zwavelkoolstof oplosbaar. Dr. GILTAY deelt mij echter mede: „ik heb geene plantenorganismen, die korreltjes bevatten van het kenmerkende uiterlijk van zwavel, kunnen ontdekken". Voor het oogenblik moeten wij dus veronderstellen, dat de zwavel als eene zwavelhoudende organische stof aanwezig is. Zij lost in kali op; want toen eenige grammen van I 6 (darg op 1.5 M.), die lang vochtig hadden gestaan aan de lucht — zoodat een groot gedeelte van het $Fe\,S_2$ zich geoxydeerd had — met zoutzuur uitgetrokken waren en vervolgens met kali, werd in de alkalische oplossing (na oxydatie) gevonden eene hoeveelheid van 2.5 pCt. SO_3, beantwoordende aan 1 pCt. S. Vroeger was gevonden 1.2 pCt. S.

Deze zwavel vormt zich voornamelijk bij aanwezigheid van veel veenstof. De veenrijkste monsters bevatten de meeste zwavel.

III. OMZETTING EN BEWEGING DER BESTANDDEELEN.

Na de beschouwing van de eigenaardige bestanddeelen der zure klei, volgt nu hetgeen ik, uit de vergelijking der analysen der opvolgende lagen met de analyse van versch slib (uit IJ en Zuiderzee), meen te kunnen afleiden ten opzichte der chemische beweging — omzetting, afzetting en verwijdering der bestanddeelen —, die in die klei hebben plaats gehad.

Wij moeten daarbij reeds dadelijk in het oog houden, dat er pyriet gevormd is uit de sulphaten van het zeewater en het ijzer van de aarde, en dat als de pyriet weder geoxydeerd is, daaruit ten slotte ferrisulphaat en zwavelzuur ontstaan zijn.

[1]) *C. R.* 1882—95—846.

[2]) *C. R.* 1882—95—1363. Uittreksel in *Centralblatt f. Agric. Chemie*, 1883, S. 84.

*

$$Fe_2O_3 + 4\,MO\,.\,SO_3 - 15\,O = 2\,FeS_2 + 4\,MO \quad \text{M kan zijn Ca,}$$
$$2\,FeS_2 + 9\,O = Fe_2O_3\,.\,3\,SO_3 + SO_3 \quad \text{Mg, } K_2\text{, } Na_2.$$

Het onderlinge verband tusschen de verschillende vormingen en omzettingen zal in 't laatste hoofdstuk beschouwd worden.

a. Beweging der chloruren.

Het zuiderzeewater bevat gemiddeld 0.6 pCt. chloor, dus $^1/_3$ ongeveer van hetgeen Noordzeewater inhoudt. Dit laatste bedraagt naar verschillende analysen 1.8 pCt. TONROE en SCHMELCK vonden 1.93 pCt. bij hun uitvoerig onderzoek van Noordzeewater in 1883 [1]).

Ik vond in Zuiderzeewater:

	Bij het Amsteldiep	Bij de Kolhornersluis vóór den Anna Paulowna polder	Vóór de haven van Medemblik
Vloed (10 Aug. 1880)	0.669 pCt.	0.504 pCt.	0.463 pCt. chloor
Eb 〃 〃 〃	0.656 〃	0.511 〃	0.438 〃 〃

De Heer WOLTHUIS, militair apotheker te Kampen, vond gemiddeld in 29 monsters water op verschillende plaatsen midden in de Zuiderzee geschept (door den ingenieur J. P. HAVELAAR in 1875) 0.6 pCt. chloor.

Voor de droogmaking heeft G. J. MULDER eene chloorbepaling verricht van het Zuiderzeewater bij Muiderberg en van IJwater. Hij vond:

Zuiderzeewater . . . . 0.52 pCt. chloor.
IJwater. . . . . 0.49 „ „

Aan dat gehalte beantwoordt de hoeveelheid chloruren, die in de versche klei voorhanden is. De zware IJklei houdt in vochtigen toestand ongeveer haar gewicht in water. 100 Gram bij 130^0 gedroogde aarde toch slurpen ongeveer 100 C.C. water op

Gevonden werd:

in Dollard slib (op 100^0 droog) 0.7 pCt. chloor;

in zeven monsters Zuiderzeeklei van verschillende plaatsen, welke klei nog onder het water bedekt is, 0.6^5—0.6^4—0.6—0.6—0.7^4—0.5—0.4^5 pCt.

---

[1]) Zie *Centralblatt für Agriculturchemie*, 1883, S. 230.

De versche in de zee bezonken klei bevat dus niet meer chloruren dan aan het zeewater beantwoordt, dat er in opgezogen is.

Is de klei eenmaal aan het zeewater onttrokken, dan worden de chloruren uitgespoeld. Men vindt dus in de bovenlagen slechts eene geringe hoeveelheid, in de onderlagen meer.

IJklei dadelijk na de droogmaking. . . .	0.7 tot 0.6 pCt. chloor
„ eenigen tijd later	0.3 „ 0.15 „ „
Uiterwaard klei — bovengrond	0.05 „ „
„ zure klei op 0.75 M.	0.15 „ „
„ darg op 1.5 M.	0.7 „ „
„ zuur veen op 1.2 M.	0.9 „ „

Er heeft dus geenerlei ophooping van chloruren plaats. Maar wel bevatten de diepere lagen nog veel. Ook in oudere gronden vindt men denzelfden toestand, zooals ik reeds vroeger heb medegedeeld, bijv. in de Dollardpolders, in het lage land van Groningen (Duirswolde) enz.

b. Beweging van het zwavelzuur.

Hoe sterk het zwavelzuur in den bodem wordt opgehoopt, leert de vergelijking der zure gronden met de oorspronkelijke klei, die versch in het zeewater of brakwater is afgezet. De cijfers vindt men bijeen op Tafel VI*b*.

In het zeewater der Noordzee vinden TONROE en SCHMELCK:

Gebonden aan:

Zwavelzuur (SO_3) 0.221 pCt. = 0.55 Aeq. { 0.058 pCt. $Ca\,O$ = 0.207 Aeq.; 0.069 „ MgO = 0.345 „ }

Het geheele zoutgehalte, evenzoo als het chloorgehalte, van de Zuiderzee is $^1/_3$ van dat der Noordzee:

Vaste bestanddeelen { Noordzee 3.44; Zuiderzee 1.1 (gemiddeld uit 29 monsters) }

Het SO_3 gehalte in Zuiderzeewater kan dus ook als $^1/_3$ van dat in het Noordzeewater aangenomen worden. Nu vond ik in de volgende nog met brakwater bedekte of gedrenkte aarde uit de bovenste laag:

Zuiderzeeklei (4 monsters) . . . . 0.5—0.4 pCt. = 1.25 tot 1.0 Aeq.
benevens eenige pyriet.

In ligte Zuiderzeeklei (5 monsters) . . . 0.3—0.2 pCt. = 0.8 tot 0.5 Aeq. benevens eenige pyriet.

In ligte Zuiderzeeklei (Wieringermeer) . . 0.4 „ = 1.0 „ benevens 2.04 pCt. SO_3 als pyriet.

In IJklei (12 monsters) . . . . 0.6—0.2 „ = 1.5 „ 0.5 „ benevens 1.11 pCt. SO_3 als pyriet [1]).

In Dollardklei (Kwelder) als SO_3 en als pyriet . . ruim 1 „ [2]) = 2.5 Aeq.

De IJklei houdt ongeveer zijn gewicht aan water opgeslurpt; zij zou dus, zoolang zij nog onder het brakke water bedolven lag, nauwelijks 0.1 zwavelzuur moeten bevatten. Daar zij nu 0.2 tot 0.6 pCt. bevat, benevens nog 1 tot 2 pCt. als pyriet, is het duidelijk dat de sulphaten zijn opgehoopt geworden.

Uit de bovenlagen, na de drooglegging, en als het hemelwater, dat op den bodem valt, naar de diepere lagen wordt afgevoerd, zakt het gehalte aan sulphaten belangrijk. Het SO_3 gehalte in de bovenlaag der Dollardpolders, opvolgend ingepolderd van 1600—1819, zakt allengs tot 0.3—0.2—0.1 pCt. SO_3 (in 1860 bepaald).

De bovenlaag van den Uiterwaard N des IJpolders (I *a* 1 en 2) bevat 0.08 pCt. SO_3.

Ook in de gewone kleigronden wordt zooveel SO_3 gevonden. Maar in de diepere lagen van het zeealluvium neemt het gehalte toe.

De laag blauwe klei die in het zeealluvium van Nederland op eene diepte van ± 4 M. A.P. aanvangt, en 2—3 M. dikte bezit (verscheidene monsters van verschillende plaatsen [3])) bevat: 1 tot 1.3 pCt. = 3.2 Aeq. SO_3 benevens eene zekere hoeveelheid pyriet.

De hoeveelheid zwavelzuur uit de pyriet berekend bedroeg in een monster op 1 M. diepte nabij het Schildmeer in Groningen 3.0 pCt. SO_3 = 7.5 Aeq.

In die diepere lagen komen nu niet alleen sulphaten, voornamelijk gips voor, maar ook pyriet, en — als er veel organische stof in de klei is — zwavel; de laatste waarschijnlijk met organische stoffen verbonden. Die vorming heeft plaats gehad in tegenwoordigheid van koolzure kalk.

---

[1]) In één monster bepaald, hetwelk 0.3 SO_3 bevatte.

[2]) In de zachtgegloeide aarde werd vroeger door mij 1 pCt. SO_3 gevonden, waarbij het grootste gedeelte van de zwavel, die in de pyriet bevat is, moet aanwezig zijn. Deze moet toch bij de oxydatie der pyriet door de kalk der aarde teruggehouden zijn als SO_3, en slechts een deel kan zich als SO_2 vervluchtigd hebben.

[3]) Uit Groningen, van 4 plaatsen, uit het Makkummermeer in Friesland, uit den Haarlemmermeerpolder, enz.

Diepte beneden A.P.	Bodem onder Amsterdam	Geheele hoeveelheid SO_3 en S (berekend als SO_3)	Hoeveelheid koolzuur als calcium (magnesium) carbonaat [1]) aanwezig	Aanm.
± 10 M.	Veenachtige klei	4.7 pCt. = 11.8 Aeq.	6.4 pCt.	Volgens de analysen van Prof. HARTING in 1852
± 17 „	Ligte geelgrauwe klei	3.4 „ = 8.5 „	1.4 „	
± 44 „	Diatomeeën klei	7.3 „ = 18.2 „	5.3 „	

In de zure gronden is die ophooping nog veel sterker. De hoeveelheid zwavel, geheel als zwavelzuur berekend, stijgt bijv. in I^5 tot 12 pCt.:

Als sulphaat aanwezig	4.0 pCt. = 10 Aeq. SO_3
Als $Fe S_2$ en S aanwezig	8.2 „ = 20^5 „ SO_3
Te zamen . .	12.2 pCt. = 30^5 Aeq. SO_3

VIRCHOW vond in Dargmaibolt II te zamen 32.5 Aeq.

De grootste hoeveelheid zwavelzuur als sulphaat aanwezig die ik aantrof, was die in eene laag zure klei plaatselijk voorkomende te Korengarst (Groningen) en door eene nieuwere kleilaag bedekt:

Als sulphaat.	5.6 pCt. = 14 Aeq.
Als $Fe S_2$ en S.	niet bepaald.

Waarschijnlijk komen nog grootere hoeveelheden in de natuur voor.

Nu is er geene reden waarom het gehalte aan zwavelzuur in de klei grooter zoude zijn dan in het Noordzeewater of het brakke Zuiderzeewater (zie boven), dan tenzij omzettingen en bindingen hebben plaats gehad. Immers, uit de zoogenaamde absorptieproeven is gebleken, dat klei geen zwavelzuur terug houdt, wanneer zij met de oplossing van een sulphaat wordt behandeld. De analysen bewijzen dus dat de ophooping van zwavelzuur reeds in de gewone zeeklei plaats heeft, dat zij grooter is in de blauwe klei, het grootst in de zure klei, en dat die ophooping het gevolg is van eene reductie: eene vorming van pyriet en zwavel.

Eene groote hoeveelheid zeewater of brak water moet allengs aan den bodem al dat zwavelzuur geleverd hebben.

---

[1]) Ik deel de cijfers der koolzure kalk mede om te doen uitkomen, dat deze kleilagen geenszins tot de zure behooren.

De laag rietzodde, die in het Naarder Meer ligt, is evenzoo rijk aan sulphaten, vooral het onderste gedeelte daarvan. Hierin werd gevonden:
In de geheele massa:

SO_3	2.6 pCt.
SO_3 (als pyriet)	0.8 „
	3.4 pCt.

In de rietpijpen alleen:

SO_3	2.0 pCt.
SO_3 (als pyriet)	0.0 „
	2.0 pCt.

Al het ijzer was tot ferrisulphaat en eenig ferrosulphaat geworden. Maar daarenboven bevatte de rietzodde nog veel alkalische sulphaten. Misschien is riet op zich zelf reeds rijker aan sulphaten dan andere planten, zooals DIEULAFAIT dat van de Equisetaceeën heeft opgemerkt [1]).

c. Beweging der kalk, magnesia en alkaliën.

Als zooveel sulphaat uit het zee- of brakwater zijn zwavelzuur aan de klei heeft afgestaan, is het de vraag, waar de bases zijn gebleven, aan welke dit zwavelzuur gebonden was.

Het eenvoudigste zou zijn, aan te nemen, dat al het zwavelzuur in dat water aan kalk, en dat de magnesia, natron en kali in het water aan chloor en een weinig koolzuur gebonden waren, en dat deze chloruren naar beneden zijn gespoeld of door het water zelf weder weggespoeld. Maar daartoe heeft men geen recht. Hoe het zwavelzuur onder die bases verdeeld is, tegenover het chloor, en welk sulphaat het meest de reductie tot sulphuur heeft ondergaan, is ons onbekend. Wij kunnen dus slechts nagaan, of er vermeerdering van kalk, magnesia en alkaliën in den zuren bodem heeft plaats gehad.

Kalk.

De kalk in de aarde komt gedeeltelijk in oplossing door water (zij is als

[1]) DIEULAFAIT. *C. R.* 100, p. 284. Hij heeft 168 exemplaren van verschillende groeiplaatsen en verschillende soorten onderzocht. Andere planten, die daarnevens groeiden, bevatten veel minder zwavelzuur en daarentegen koolzure alkaliën.

gips berekend geworden) gedeeltelijk door zoutzuur. In het in zoutzuur onoplosbare deel blijft slechts eene zeer geringe hoeveelheid over.

De in zoutzuur oplosbare kalk is koolzure kalk, kalk aan humuszuren gebonden, en kalk in het gemakkelijker oplosbare gedeelte van het silicaat, aan hetwelk ik in navolging van MULDER (de scheikunde der bouwbare aarde) den naam geef van zeolithisch kleisilicaat. Het is nog niet mogelijk deze verschillende hoeveelheden kalk van elkander te scheiden. Door eene uittrekking met slap azijnzuur (zie analyse Zuiderzeeklei) wordt de koolzure kalk (magnesia) opgelost, maar toch niet alleen; ook een klein deel van de in het silicaat of humaat aanwezige bases wordt opgelost. Dat er kalk aan humusstoffen gebonden is, volgt reeds uit het feit, dat er plantaardige overblijfselen in den bodem zijn, en wordt bijv. zichtbaar uit de analysen van de darg I 6 en het veen III 2. De hoeveelheid in zoutzuur oplosbare kalk, in deze gevonden, overtreft ver die in de klei. Zij moet grootendeels aan humusstoffen gebonden zijn. De uitkomsten der analyse zijn in de volgende Tafel met inachtneming van het bovenstaande opgemaakt, alles in aequivalenten uitgedrukt, ten einde de kalk met het zwavelzuur te kunnen vergelijken. De cijfers zijn vergelijkbaar, ook wat de verschillende grondsoorten betreft, ofschoon deze niet dezelfde hoeveelheid silicaat bevatten. Immers, de organische stof der plantenoverblijfselen heeft ook een eigen kalkgehalte.

Zoo vond ik in zuiver veen (uit de kleine Brekken in Friesland):

a	6.25 pCt. aschdeelen waarin . . .	0.91 pCt.	$CaO = 3.3$ Aeq.
b	13.0 „ „ „ . . .	1.47 „	$CaO = 5.2$ „

In de nieuwe IJklei, de zure klei, de blauwe klei, alles in aequivalenten uitgedrukt:

Bij 130° gedroogd	*Kalk* (in aequivalenten) [1]				Zwavel		
	als $CaSO_4$ Aeq.	als $CaCO_3$. Aeq.	in het humaat en gemakkelijk oplosbaar silicaat. Aeq.	kalk in 't geheel Aeq.	als SO_3, FeS_2, en S aanwezig. Aeq.	hoeveelheid silicaat [2])	
Versche IJklei	0.4 tot 1.0	14 tot 21	± 1	14 tot 22	4.2	81 pCt.	
Zure klei door IJwater bedekt (pas droog gelegd)	1.4	0	1	2.4	5.7	92.5 "	Deze klei is van ligtere hoedanigheid
Zuur veen door IJwater bedekt (pas drooggelegd) Eilandje Buiten-Heyning	4.0	0	—	—	—	—	
Zure kleilaag in oorspronkelijken toestand (Uiterwaard N. IJpolder) I 3	0.15	0	1.2	1.3	5.2	80 "	
I 4	1.4	0	1.2	2.6	19.2	72 "	
I 5	1.2	0	2.5	3.7	30.6	71 "	
I 6 Darg	1.0	0	5.6	6.6	36.4	37 "	
Dargmaibolt II (VIRCHOW) Kehdinger Moor; zure klei onder nieuwe klei	—	—	—	4.8	32.5	53.8 "	
Zure kleilaag (Uiterwaard) ontbloot en aan de lucht blootgesteld II	1.6	0	2 4	4.0	9.0	80 "	
III 1	0.3	0	4.0	4.3	14.0	67 "	
Veen daaronder III 2	3.0	0	1.9	4.9	20.3	zeer gering	
Blauwe klei	3.25	22.5	± 1.0	26.7	10.8	85 "	
Kuhlerde (VIRCHOW)	0.3	14.5		14.6	7.07	84 "	
Blauwe klei onder de zure laag Haarlemmermeer	6.5	veel	—	—	—	—	

[1]) De geringe hoeveelheid kalk in het in zoutzuur onoplosbare silicaat is voor de eenvoudigheid buiten rekening gelaten.

[2]) Deze cijfers zijn verkregen door van 100 af te trekken de procentische hoeveelheid water, organische stof, chloruren, carbonaten en sulphaten. Onder silicaat wordt dus verstaan: kiezelzuur + silicaten + vrij ijzeroxyde + de minerale deelen van het humaat. Deze cijfers zijn opgegeven om de overeenkomsten of verschillen der verschillende gronden te doen uitkomen.

Uit dit overzicht blijkt ten duidelijkste, dat de geheele hoeveelheid koolzure kalk, die in de versche klei voorhanden was, uit de bovenlaag is opgelost en weggespoeld, zooals in het algemeen bij alle oudere kleigronden gevonden is [1]). Deze uitspoeling heeft zich in verloop van tijd in de diepere lagen voortgezet. De geheele hoeveelheid nog aanwezige kalk bedraagt slechts een klein deel van de oorspronkelijke hoeveelheid kalk; zij is ook slechts voor een deel aequivalent aan de aanwezige zwavel, ja bij grootere ophooping van zwavel slechts aan een *klein* deel daarvan. Van de aanwezige kalk is slechts een deel als gips, een ander deel als humaat aanwezig.

Het gehalte aan gips is zeer ongelijk. Ofschoon al weder moet opgemerkt worden: dat de opgegeven hoeveelheid gips, door water uit de aarde opgelost, niet geheel dekt wat in de aarde werkelijk aanwezig is in haren natuurlijken (dat is: meer of minder vochtigen) toestand, omdat door de werking van veel water wisselingen tusschen de bases van de oplosbare zouten en die van het zeolithische kleigedeelte en het humaat kunnen plaats hebben: — zoo kunnen de cijfers toch voor ons doel dienen.

Het blijkt, dat de gips in het bovenste gedeelte der zure laag gering is, in het dieper liggende gedeelte wel grooter dan in de versche IJklei, maar toch niet altijd belangrijk grooter. De meeste gips werd gevonden in de veenlaag onder III 2 en het veen van het eilandje Buiten-Heyning in het IJ, en in de blauwe (aan koolzure kalk rijke) klei onder zure klei in den Haarlemmermeer-polder. Dit bewijst er voor dat de kalk van de gips, die door het zeewater wordt aangevoerd en aan het reductieproces (zie boven blz. 69 tot 72) deelneemt, zich naar beneden beweegt.

Het humaat van kalk neemt ongetwijfeld toe in de zure laag, naarmate deze dieper ligt en ook naarmate zij rijker is aan veendeelen.

Wanneer men eens aannam dat al het zwavelzuur, hetwelk in den loop des tijds uit het zeewater in den bodem omgezet en vastgelegd wordt, aan kalk gebonden ware — zoodat daaruit dan aan het einde der omzettingen koolzure kalk zou geworden zijn — dan is de hoeveelheid verdwenen kalk zeer groot. Van de oorspronkelijk aanwezige kalk — 14 tot 22 Aeq. —, en van de aangevoerde 5 tot 40 Aeq. kalk (alle SO_3 aan Ca O gebonden gedacht) zijn slechts 1 tot 7 Aeq. over. Van dat overgeblevene is nog een deel aan humusstoffen gebonden.

---

[1]) Zie daarover uitvoerig de bepalingen van het koolzure kalkgehalte in bovengrond en ondergrond der Dollardpolders, in de boven reeds aangehaalde verhandeling *Bouwstoffen*, bladz. (68—72). Voor 1 pCt. verlies aan Ca O als koolzure kalk verloopen ongeveer 40 jaren.

De geheele beweging en omzetting der kalk, die uit bovenstaande gevolgtrekkingen, in verband met het geheele proces van werkingen, kan afgeleid worden, beschouwen wij in het volgende hoofdstuk.

Uit de volgende overzichten kan afgeleid worden, wat de analysen leeren omtrent de beweging van de *magnesia*, van de *kali*, en van de *natron*.

Magnesia. In Aequivalenten.

		a Als *sulphaat* Aeq.	*b* Als *carbonaat* Aeq.	*c* Als *humaat* of in het niet gemakkel. ontleedbare silicaat. Aeq.	Som van *a*, *b*, *c* Aeq.	In het onoplosbare silicaat Aeq.	In 't geheel
IJklei		2 tot 3		7 tot 8	9 tot 11	0.9	10 tot 12
Zure laag in den Uiterwaard	I 3 *Spierklei*	0.26	0.0	6.5	6.8	0.5	7.1 [1]
	I 4 〃	2.1	0.0	6.5	8.6	0.9	9.5
	I 5 〃	2.1	0.0	6.0	8.1	—	± 9
	I 6 *Darg*	2.0	0.0	4.1	6.1	—	± 6.5 (Darg)
Idem ontbloot	II *Spierklei*	0.6	0.0	7.0	7.6	—	8.3 [1]
	III 1 〃	0.34	0.0	3.0	3.3	—	—
	III 2 *Veen*	1.6	0.0	1.5	3.1	0.0	3.1 (Veen)
Blauwe klei		3.0		4.3	7.3	—	± 8.0
Kuhlerde (VIRCHOW)			1.8 [2]	5.35	7.15	0.7	7.85

[1]) Op eenmaal bepaald in de geheele aarde.

[2]) Hiervan kan een klein deel als zwavelzure magnesia aanwezig zijn. Dat geene zwavelzure magnesia berekend is, is het gevolg daarvan, dat VIRCHOW al het zwavelzuur aan kalk berekend heeft, de overblijvende kalk aan koolzuur, en het overblijvende koolzuur aan magnesia.

Natron (behalve het keukenzout).

In Aequivalenten.

	Als in water oplosbaar zout (Na_2SO_4)	Aanwezig in humaat en het in zoutzuur oplosbare silicaat	In het onoplosbare silicaat	Som
IJklei	Spoor	± 1	1.8	2.8 (2.0) [1]
I 3	Spoor	± 1	—	—
I 4	Spoor	0.5	0.9	1.4 (1.4) [1]
II				1.6
Darg I 6	2.1	weinig		
Veen III 2	1.0			

Kali. In Aequivalenten.

	Als in water oplosbaar zout	In humaat en in het in zoutzuur oplosbare silicaat	In het onoplosbare silicaat	Som	Som op het silicaat alleen berekend
IJklei	0.2	2.3	3.0	5.5 (5.5) [1]	6.6
I 3	weinig	3.9	2.5	5.5	7.5
I 4	0.16	2 8	2.5	5.4^6 (5.5^4) [1]	7.6
I 6 Darg	0.54	—	—	—	—
II	—	—	—	6.5 [1]	8.3
III 2 Veen	1.4	—	—	—	—

Uit deze cijfers blijkt duidelijk:

Voor de *magnesia*: dat zij niet vermeerderd is, maar dat, als de koolzure magnesia verdwenen is, de geheele hoeveelheid ongeveer dezelfde blijft. In de

[1]) Op eenmaal bepaald in de geheele aarde.

zure klei is eene betrekkelijk aanmerkelijke hoeveelheid zwavelzure magnesia aanwezig; daartegen is minder magnesia in het door zoutzuur ontleedbare silicaat en humaat aanwezig dan gewoonlijk. Men mag dus aannemen, dat uit het zeewater geen magnesia in de aarde vastgelegd is bij gelegenheid van de reductie der sulphaten en van de vastlegging van zwavel, maar dat een deel magnesia tijdelijk in den toestand van sulphaat in de zure aarde optreedt; voorts, dat deze naar beneden kan gespoeld worden, zoodat het bovenste deel der zure laag iets armer aan magnesia is. In de darg en het veen alleen kan van eene vermeerdering van magnesia als sulphaat sprake zijn.

Voor de *kali* blijkt het, dat de hoeveelheid nagenoeg dezelfde is gebleven. De hoeveelheid kaliumsulphaat is in de aarde altijd gering, maar iets grooter in de zure aarde; daardoor hebben de darg en de veenlaag onder de zure klei zwavelzure kali ontvangen. Bij de reductie der sulphaten uit het zeewater heeft er geene ophooping van kali plaats gehad, op zijn hoogst aanvulling van een klein verlies [1]). Wat de *natron* betreft, zoo blijkt dat de geheele hoeveelheid afgenomen, en natriumsulphaat naar de onderste lagen gevoerd is.

d. IJzer.

Om na te gaan of het ijzer wordt opgehoopt, moet de normale hoeveelheid bekend zijn.

Uit de bepalingen, die ik in alluviale klei, van allerlei zwaarte en van verschillende afkomst, heb gemaakt, komt het mij voor, dat men in versche zeeklei eene bepaalde verhouding tusschen het ijzeroxyde en de aluinaarde en het kiezelzuur mag aannemen; en wel in verband met de hoeveelheid aluminiumsilicaat (eigenlijke klei = verweerd silicaat) tegenover de hoeveelheid kwarts + onverweerd silicaat.

Een verweerd silicaat van de samenstelling $Al_2O_3 . 2 SiO_2$, zooals in kaolin, vereischt 60 SiO_2 op 51 Al_2O_3 — dus 1.18 d. SiO_2 op 1 d. Al_2O_3.

De klei houdt altijd meer kiezelzuur in dan aan deze formule beantwoordt, zelfs

---

[1]) Of de hoeveelheid kali in het oplosbare silicaat verminderd en in het door zoutzuur ontleedbare silicaat vermeerderd is, zou ik uit de vergelijking van het kalicijfer der IJklei met die der zure klei niet durven afleiden. Daartoe staat het kaligehalte in te nauw verband met de samenstelling van het geheele silicaat; dus met het betrekkelijk gehalte aan zeolitisch silicaat, aan onoplosbaar silicaat en aan kwartskorrels. Dit gehalte zou bij deze aarden geheel moeten overeenkomen om eene verandering van de hoeveelheid kali in het oplosbare en onoplosbare silicaat te kunnen bewijzen. Nu is de IJklei iets ligtere klei dan de zure spierklei; daaraan kan het kleine verschil in kaligehalte in kolom 3 en 4 toegeschreven worden. Het geheele kaligehalte verschilt niet noemenswaard.

als zij onder den mikroskoop geene kwartskorreltjes vertoont. Zulk eene klei vermeldt bijv. HARTING in zijn „Bodem onder Amsterdam". Tusschen 50 en 60 M. ligt eene laag, die aldus wordt beschreven: „De laag bestaat enkel uit uiterst kleine lichaampjes van $^1/_{200}$ tot $^1/_{500}$ m.M., van onregelmatigen vorm, onderling samengeklonterd, en alleen in het bovenste gedeelte der laag eenige zeer kleine kwartskorreltjes insluitende. De kleine lichaampjes zijn blijkbaar niets anders dan het allerfijnste gruis van verschillende rotssoorten. Zij bevat geen pyriet."

Het onderzochte monster door HARTING was afkomstig van 54 M. diepte —A.P. Het bevat, na aftrek van koolzure kalk en humus, op 100 minerale deelen:

56.0 SiO_2	verhouding tusschen Al_2O_3 en $SiO_2 = 1$ op 2.3
24.3 Al_2O_3	of 1 mol. Al_2O_3 op bijna 4 mol. SiO_2.
9.3 Fe_2O_3	
89.6	

Het bevat meer magnesia, kalk en ijzeroxydule in het silicaat dan de gewone klei.

Ofschoon nu het ijzeroxyde (oxydule) in den bodem voor een gedeelte een los bestanddeel is, en gedurige oxydatie en reductie ondergaat — waarbij het tijdelijk als zuur ferrocarbonaat oplosbaar wordt —, en ook met humusstoffen, zelfs met kiezelzuur, verbindingen aangaat, zoo vertoont de hoeveelheid daarvan in de door de wateren aangevoerde slib toch eenige regelmatigheid.

Bezitten wij geen middel, om het silicaat in zijne bestanddeelen te scheiden, evenmin kunnen wij uitmaken in welke verbindingen het ijzeroxyde aanwezig is. Slap zoutzuur trekt het als ijzeroer tusschen de aarddeeltjes afgezette ijzeroxyde uit, dus het ijzeroxyde dat het laatst aan de stofwisseling in den bodem heeft deelgenomen — dat wil zeggen gereduceerd en weder geoxydeerd is geworden. Maar het zoutzuur kan tevens een deel van het ijzeroxyde (oxydule) oplossen, dat in het zeolithisch silicaat nog gebonden is.

Sterker zoutzuur (zelfs reeds van de sterkte 1 op 1) lost bij verwarming, op een klein deel na, het overige ijzeroxyd (oxydule) op [1]), maar er wordt tevens veel aluinaarde opgelost. De hoeveelheid opgeloste aluinaarde bedraagt $^1/_3$ tot $^1/_2$ van de als verweerd silicaat aanwezige. Er wordt dus verweerd silicaat ontleed, en het ijzeroxyde (oxydule) is ongetwijfeld daarvan een bestanddeel, al is het losser gebonden dan de aluinaarde. Een zeer klein gedeelte (ongeveer $^1/_{20}$) van het ijzeroxyde is in het onverweerd silicaat aanwezig.

---

[1]) Zie vorige Verhandeling, blz. 28.

Ter vergelijking kunnen dienen de ijzerbepalingen van zware en minder zware klei, zooals die zijn opgeteekend in Tafel VII; waarbij tevens opgegeven zijn de hoeveelheden kiezelzuur en aluinaarde. Om die laatste cijfers vergelijkbaar te maken, zijn zij op het silicaat der aarde berekend, dus na aftrek van chloruren, sulphaten, carbonaten, organische stof en water. Op Tafel VIII *a* en *b* is de gansche analyse aldus berekend.

Uit dit alles blijkt dat er eene verhouding bestaat tusschen de hoeveelheid klei en de hoeveelheid ijzeroxyde. Hoe meer klei, des te meer ijzeroxyde. En evenzoo blijkt, dat de hoeveelheid in zoutzuur oplosbare aluinaarde gelijken tred houdt met het door zoutzuur opgeloste ijzeroxyde. Er moet dus werkelijk eene eenigszins standvastige verhouding bestaan tusschen de hoeveelheden dier beide stoffen in het verweerd silicaat van de slib, waaruit de alluviale gronden zijn opgebouwd.

Die verhouding heb ik gezocht in zware klei van allerlei afkomst, zooals nieuwe slib, die nog door zeewater is bedekt, uit den havenmond bij Blankenberge, uit den Dollard, uit het IJ, uit de Zuiderzee; alluviale slib van de Guadalquivir, de oude blauwe klei in den ondergrond, alluviale klei uit Java, alluviale klei uit Hongarije, enz.

Ik meen uit mijne analysen dezer aardsoorten te mogen afleiden: dat, als de hoeveelheid grof zand slechts eenige weinige procenten, het kiezelzuur in het geheel 60—65 pCt., en de aluinaarde 20—15 pCt. bedraagt, de normale hoeveelheid ijzeroxyde in het geheel ± 7 pCt. bedraagt (alle cijfers berekend na aftrek van organische stof, chloruren, enz.). Dit gehalte daalt tot 2.5 pCt. als de klei in zand overgaat. De zeer ligte klei uit de Wieringermeer, die voor ruim de helft uit iets grovere zandkorrels bestaat, welke bij eene zachte slibbing terugblijven, bevat 4 pCt.

Omdat die verhouding zoo algemeen blijkt te bestaan, schijnt het mij geoorloofd daaruit af te leiden: in welke mate de hoeveelheid ijzeroxyde in eene grondlaag van dezelfde kleisoort vermeerderd of wel verminderd is.

Passen wij die uitkomst op de zure aarde toe, dan blijkt het volgende: De zure klei van I en II is zwaar. Zij bevat bijna geene bij zachte slibbing terugblijvende korrels, zooals ook onder den mikroskoop bleek, maar slechts van de allerkleinste kwartskorreltjes. Zij houdt in 62 tot 65 pCt. $Si\,O_2$ op 22 tot 19 pCt. $Al_2\,O_3$. Een gehalte van zooveel ijzer als aan ongeveer 7 pCt. $Fe_2\,O_3$ beantwoordt, mag dus ook voor deze klei als het oorspronkelijke gehalte beschouwd worden. Zooveel bevat de nieuwe IJklei. Eene klei die, zooals op 50 M. onder Amsterdam, in het geheel geene kwartskorrels bevat, daarbij eene zeer groote hoeveelheid magnesia, en betrekkelijk veel mangaanoxydule, houdt slechts 2 pCt. ijzeroxyde meer in.

Vergelijkt men nu dit oorspronkelijk gehalte van 7 pCt. $Fe_2 O_3$ met de hoeveelheid, die thans in de opvolgende lagen van I 3, 4, 5, 6 en in II en III (in welke het silicaat blijkens het $Si O_2$ en $Al_2 O_3$ gehalte dezelfde samenstelling heeft) voorhanden is, dan volgt daaruit dat ijzeroxyde in de zure lagen is opgehoopt geworden.

Hoeveelheid *ijzeroxyde* (op kwarts + silicaat berekend).

I 3	7.7 pCt. $Fe_2 O_3$	I *a* 4	7.9 pCt. $F_2 O_3$
4	11.0 〃 〃	II	10.0 〃 〃
5	11.8 〃 〃	III 1	13.9 〃 〃
6	8.4 〃 〃	Darg Maibolt (VIRCHOW)	15.0 〃 〃

In het bovenste gedeelte der zure laag is zij weinig grooter dan de normale; maar dieper, waar de zuurheid toeneemt, klimt zij tot $1^1/_2$ maal ja tot tweemaal de oorspronkelijke hoeveelheid. Het feit springt daarbij in het oog, dat *de grootste hoeveelheid van het ijzer tot sulphuur en sulphaat kan omgezet worden, hetgeen voor de losse binding van het ijzeroxyde* (*oxydule*) *in het verweerd silicaat een bewijs geeft.*

Immers, het in zoutzuur oplosbare ijzeroxyde dat overblijft, als het zwavelzuur ijzeroxyde en zwavelzuur van de geheele hoeveelheid ijzeroxyde wordt afgetrokken, bedraagt (zie Tafel I) slechts:

	Op de droge aarde berekend	van de geheele hoeveelheid ijzeroxyde	Geheele hoeveelheid Fe (als ijzeroxyde berekend) in zoutzuur oplosbaar
In I 3 op 0.5 M.	tusschen 3.2 en 2.4 pCt.	= 50—40 pCt.	6.0 pCt.
〃 4 〃 0.75 〃	〃 3.4 〃 2.5 〃	= 44—33 〃	7.7 〃
〃 5 〃 1.0 〃	〃 1.3 〃 0.1 〃	= 16— 1 〃	8.2 〃
〃 III 1 〃 ± 0.7 〃	〃 2.6 〃 0.5 〃	= 29— 5 〃	9.0 〃
〃 II 〃 ± 0.7 〃	〃 4.3 〃 3.1 〃	= 54—40 〃	7.9 〃
Daarentegen II {Van uitslag zooveel mogelijk door mij bevrijd	tusschen 4.6 en 4.3 pCt.	= 80—75 pCt.	5.7 pCt.

B 11

Ik herinner er aan, dat hier slechts grenscijfers kunnen opgegeven worden, omdat de samenstelling van het ferrisulphaat dobbert tusschen $(Fe_2O_3)^3 (SO_4)^4$ en $Fe_2O_3 . SO_3$.

Nu rijst de vraag op, waaruit die abnormale hoeveelheid ijzer zijnen oorsprong heeft genomen. Blijkens de analyse van de bovenliggende lagen I 1 en 2, en I *a* 1, 2 en 3, bedraagt de hoeveelheid ijzeroxyde in deze weinig minder dan normaal, en is zelfs onder de zode opgehoopt.

			Fe_2O_3 door sterk zoutzuur opgelost	
			Op de gedroogde aarde berekend	Op het silicaat berekend
I	1	onder de zode	6.4 pCt.	8.3
	2	op 0.2—0.25 M.	5.6 〃	6.7
I *a*	1	de zode	5.0 〃	7.1
	2	onder de zode (oerachtig)	11.1 〃	12.6
	3	op 0.3—0.4 M.	5.0 〃	6.3
	4	〃 0.4—0.5 〃	5.9 〃	7.9

Ware de hoeveelheid aarde in de vierde tot zesde laag in hetzelfde volumen zooveel geringer dan in de bovenlagen, dan zou eene verrijking van het ijzergehalte in de diepere lagen van bijna 1 M. dikte, op kosten van de bovenste laag (van 0.3 à 0.4 M. dikte), in deze laatste geene aanzienlijke verlaging van het ijzergehalte voortbrengen. Maar dit is het geval alleen bij de zesde laag (de darg op 1.5 M. gelegen). De lagen zijn overigens vergelijkbaar. Zij bevatten ongeveer evenveel water, organische stof en silicaat. Dit silicaat bedraagt in afgeronde cijfers, na aftrek ook van het ijzeroxyde:

I 1	op 0.1 M.	73 pCt.	ijzergehalte iets hooger dan normaal
2	〃 0.2 〃	79 〃	ijzergehalte normaal
	〃 0.3—0.4 〃	74 〃	Deze laag van 1 Meter dikte bevat meer ijzeroxyde dan normaal
3	〃 0.5— 〃 〃	74 〃	
4	〃 0.75—〃 〃	65 〃	
5	〃 1.0— 〃 〃	63 〃	
6	〃 1.5— 〃 〃	34 〃	

Tenzij men dus aanneme, dat het ijzer uit het water, dat den bodem bespoeld heeft, is opgenomen, blijft het onverklaard waarom de analysen geene rekenschap daarvan geven, dat de bovenlaag ijzeroxyde heeft afgestaan aan de benedenlaag.

Dat er beweging naar beneden heeft plaats gehad, bewijst het toenemend gehalte aan oplosbare zouten. Men vergelijke daartoe de cijfers der sommen van de in water oplosbare sulphaten en het ferrisulphaat in Tafel VI *a* met elkander. De darg I 6 op 1.5 M. en het veen III 2 op 1.2 M. zijn het rijkst aan oplosbare sulphaten, en daaronder is ook veel ferrisulphaat.

In de zure klei van 't Naardermeer heeft geene vermeerdering van het ijzergehalte plaats gehad. De klei is over 't algemeen vrij zandig en daaraan beantwoordt het ijzergehalte.

e. Phosphorzunr.

Het phosphorzuurgehalte is onveranderd gebleven. Het bedraagt in IJklei, Zuiderzeeklei, zooals in de alluviale klei in het algemeen, ± 0.16, in de ligtste klei iets minder. De zure aarde I^4 bevat ongeveer evenveel: 0.14 pCt.

f. Het silicaat.

Wij kennen het silicaat der klei nog zoo weinig, dat men zeer voorzichtig moet zijn om uit de analysen gevolgtrekkingen te maken omtrent de veranderingen, die in het onderwerpelijke geval daarin hebben plaats gehad. De samenstelling van de oorspronkelijke slib, voorzoover die zich uit de verschillende analysen liet afleiden, is boven uiteengezet (blz. 26—32).

De onderzochte monsters spierklei, zelfs de darg I^6, bezitten bijna dezelfde samenstelling, wat hun silicaat (zand en klei) aangaat, als de nieuwe IJklei. Zij zijn echter nog wat zwaarder.

In het silicaat dezer zure spierklei is de verhouding van Al_2O_3 tot SiO_2 gevonden als 1 : 3.3. Deze verhouding stemt met de uitkomsten der slibbing (zie de gevolgde methode in de bijlage) en van het mikroskopisch onderzoek. Het silicaat bestaat voor bijna $^2/_3$ uit klei, die bij de slibbing in water blijft zweven (63 pCt.) en uit ruim $^1/_3$ bezinkende klei en zeer fijn zand (37 pCt.). Bij de afslibbing met water bleef bijna geen grover zand terug.

Volgens SCHLÖSING's [1]) analyse van eene zware kleisoort (van Neauphle le Château) bezit de klei, die lang in het water blijft zweven, eene verhouding van Al_2O_3 op $SiO_2 = 1 : 2.6$; en het fijnste zand dat uit het water bezinkt $= 1 : 18.5$. Daar de samenstelling van het silicaat in die klei overigens met die van het silicaat der spierklei overeenkomt, zoo blijkt er te meer uit, dat de laatste eene zware klei is.

[1]) SCHLÖSING *C. R.* 78 pag. 1438 et 1276—79 pag. 376.

In het monster versche IJklei is de verhouding 1 : 4 (in zeven andere monsters ongeveer dezelfde). Deze klei is dus iets ligter dan de spierklei, zooals ook daaruit blijkt dat 57 pCt. zwevende blijft (klei), 33 pCt. bezinkt (kleizand), en nog 10 pCt. grovere zanddeelen bij de afslibbing terug blijven. Bij eene zeer ligte klei uit het Wieringermeer bleef ruim de helft aan grover zand terug.

Vergelijkt men nu:

de analysen van de spierklei met die van de versche IJklei, zooals die opgegeven zijn op Tafel VIII *a* en *b*, en Tafel I *a* en *b* (vorige verhandeling);

de samenstelling van het geheele silicaat en humaat;

de in sterk zoutzuur opgeloste bestanddeelen (behalve het $Si\,O_2$);

de in zwavelzuur oplosbare bestanddeelen (behalve het $Si\,O_2$);

de in zwavelzuur onoplosbare bestanddeelen (behalve het $Si\,O_2$);

dan blijkt het volgende:

Het silicaat van de spierklei verschilt alleen in zooverre van de IJklei als het nog sterker kleihoudend is. Het ijzeroxyde laat ik buiten rekening, omdat dit in de spierklei opgehoopt is [1]). De hoeveelheden der sterkst gebonden bases, de kali en de magnesia, zijn eerder grooter dan kleiner. Zoutzuur lost nog meer aluinaarde en kali op uit de spierklei dan uit de versche IJklei, dus is het gehalte aan zeolithisch silicaat en aan humaat nog grooter.

		6 monsters Spierklei	Zware klei (IJ)	Ligtste klei (W. M.)
$Al_2\,O_3$		10.3 – 12 pCt.	9.3 pCt.	3.0 pCt.
$K_2\,O$		1.6—1.8 〃	1.5 〃	0.8 〃
$Mg\,O$		1.4—1.8 〃	1.9 〃	1.5 〃

De kalk wijst vooral op het gehalte aan humaat en is het grootst in de spierklei der diepere lagen:

$Ca\,O$	bovenste lagen	0.3—0.4 pCt.	0.6 pCt.	1.3 pCt.
	diepere 〃	0.5—1.4 〃		

Zwavelzuur lost na zoutzuur een aluminium-kalium silicaat op, in hetwelk eene kleine hoeveelheid ijzeroxyde de aluinaarde, en kleine hoeveelheden natron,

[1]) Ik heb het ijzer bij de berekening der cijfers in Tafel VIII *a* en *b* niet weggelaten, omdat de grootere hoeveelheid in de spierklei slechts eenige procenten bedraagt, en ik geen maatstaf heb, om de hoeveelheden te schatten die in het silicaat gebonden, of als humaat, of vrij, aanwezig zijn. De invloed van de hoeveelheid ijzeroxyde buiten het silicaat op de andere cijfers kan niet groot zijn.

magnesia en een spoor kalk de kali vervangen. Uit het verschil volgt slechts dat de spierklei de zwaarste is.

	Spierklei	Zware klei, IJ	Ligtste klei (W. M.)
Al_2O_3	6.0	4.9	2.7
K_2O	0.6	0.8	0.3^5

Ten laatste: het onverweerde silicaat, dat bij het zand terug blijft, en in zwavelzuur oplosbaar is, bedraagt in de spierklei het minst, hetgeen weder daarmede in overeenstemming is, dat zij de meeste klei, het minste zand bevat.

		Aeq.		Aeq.		Aeq.
Al_2O_3	2.6	5.2	3.2	6.3	4.0	7.8
K_2O	1.1	3.4	0.9	3.8	1.1	5.0
Na_2O	0.3		0.5^5		0.8	

Dit silicaat is een aluminium- kalium- natriumsilicaat, waarin de natron in grootere hoeveelheid optreedt dan in het verweerde silicaat des bodems. Het komt duidelijk uit, dat de zandrijkere klei meer daarvan bevat dan de zware klei. De aequivalentverhouding is voor alle drie: 1.5 Mol. Al_2O_3 ongeveer op 1 Mol. alkali.

Uit dit alles trek ik het gevolg, dat het silicaat in de zure klei geene groote verandering heeft ondergaan, dan in zooverre veel ijzeroxyde en een klein deel der aluinaarde uit het zeolithisch silicaat (dat door zoutzuur wordt ontleed) tot ijzer- en aluminiumsulphaat is geworden. Van eene voortgezette verweering van het silicaat geven de analysen geen bewijs. Ik zal niet ontkennen dat er op den duur in een bebouwden bodem — en nog meer in de bovenlaag dan in de diepere lagen — verdere verweering van het onoplosbare silicaat plaats heeft, doch deze schijnt uiterst langzaam te gaan [1]), als de bodem uit eene fijne alluviale slib bestaat, die door verweering ontstaan is.

Virchow meent daarentegen uit zijne analysen van de vier op elkander rustende lagen: Dargmaibolt I, Maibolt, Kuhlerde en zeer zure Dargmaibolt II, te mogen afleiden, dat de gemakkelijker oplosbare bestanddeelen met de diepte toenemen, en zulks aan de voortgezette verweering moet toegeschreven worden, die het in zoutzuur en zwavelzuur onoplosbare silicaat ondergaan heeft. Daardoor

---

[1]) De veranderingen die de aanhoudende reductie en oxydatie — vorming van zwavelijzer en sulphaat — voortbrengen, worden in het volgende hoofdstuk besproken.

zou in de onderste laag het kleinste bedrag aan het laatstgenoemde silicaat gevonden worden. Die verweering zou niet alleen plaats gehad hebben in den tijd dat de laag bovengrond was, maar aanhoudend; dus ook in den tijd, die verloopen is sedert zij door eene nieuwe laag bedekt werd. Hij neemt namelijk, en dit terecht, aan, dat de laag Maibolt II eenmaal met riet bedekt is geweest, en later weder onder water bedolven, en met eene nieuwe laag zeeslib (de Kuhlerde) bedekt is geworden. Toen deze laag zoover was opgeslibt dat zij boven water was gekomen, is zij met riet begroeid geweest, en zoo is de bovenste Maibolt ontstaan. VIRCHOW grondt zijne meening omtrent de toeneming van het gemakkelijker oplosbare silicaat op de veronderstelling, dat de aarde der vier lagen, voor zoover het silicaat betreft, oorspronkelijk geheel dezelfde samenstelling zou hebben gehad, en die aarden dus vergelijkbaar zijn. Is dit juist, dan kan voorzeker uit het verschil, dat zij thans aanbieden, afgeleid worden, op welke wijze zij door den tijd veranderd zijn.

Die gelijkheid van samenstelling komt mij echter twijfelachtig voor. Ik acht het waarschijnlijk dat zij in gehalte aan kwartskorrels en onoplosbaar silicaat ook oorspronkelijk hebben verschild, en dat daaraan grootendeels haar tegenwoordig verschil in samenstelling moet toegeschreven worden [1]). Aangezien

[1]) VIRCHOW berekent uit zijne analysen de volgende samenstelling van het silicaat, na aftrek van organische stof en carbonaten (maar niet van chloruren, sulphaten, sulphuren, en eene zekere hoeveelheid alkalische bases, die hij buiten het silicaat houdt; deze zijn te samen geteld onder *a*).

		I Dargmaibolt I	II Maibolt	III Kuhlerde	IV Dargmaibolt II
	a	3.75	5.14	7.24	18.85
	IJzeroxyde	3.52	1.80	5.33	5.93
In zoutzuur en in zwavelzuur oplosbaar	Klei ($Al_2O_3 . 2 SiO_2$)	7.11	14.24	13.90	20.60
	K—Na—Glimmer .	4.92	5.32	9.00	6.76
In zwavelzuur onoplosbaar	K—Veldspath. . .	8.40	8.18	6.60	4.73
	Na—Veldspath . .	20.17	11.71	6.81	4.66
	Kwarts	52.13	53.61	51.12	38.47
		100.—	100.—	100.—	100.—

Deze wijze van berekening sluit vele onzekerheden in, al blijkt er duidelijk uit, dat de zwaarte der klei toeneemt van I tot IV.

geene cijfers van slibbing voorhanden zijn en evenmin van de in water oplosbare zouten, zoo moet ik mij, ter vergelijking met mijne analysen, bepalen tot de berekening van het silicaat op de volgende wijze:

Aftrekkende het chloor, het zwavelzuur, het koolzuur, de zwavel, het phosphorzuur, zooveel kalk en natron als noodig is om de drie eersten te verzadigen, de organische stof, en het water, en vervolgens de overige bestanddeelen op honderd berekenende, verkrijg ik de volgende cijfers, — waarbij ik die van zure spierklei van den uiterwaard N in het IJ, die van versche klei uit het IJ, en die van versche ligtste klei uit de Zuiderzee voeg, allen op dezelfde wijze berekend. Zie Tafel IX.

In deze cijfers kan ik even zoo goed lezen, dat van VIRCHOW's vier aarden de Dargmaibolt II de zwaarste klei is, en Dargmaibolt I de ligtste, als dat de eerste uit de tweede door verweering ontstaan is. Om de vier aarden te kunnen vergelijken, zoude de verhouding van $Si\,O_2$ tot $Al_2\,O_3$ bij allen dezelfde moeten wezen, tenzij men wilde aannemen, dat zooveel kiezelzuur uit de onderste laag weggevoerd is, als aan de meerdere verweering van het silicaat, vergeleken met het silicaat in de bovenste laag, zou beantwoorden.

Zonder eene slibbing uit te voeren kan deze gevolgtrekking zeker niet gemaakt worden. Bovendien zou men moeten aannemen, dat de verhouding van kiezelzuur tot aluinaarde gedaald ware van 7.3 : 1 op 4.3 : 1. Is dit waarschijnlijk?

Is het niet waarschijnlijker dat de kleisoorten ook oorspronkelijk in samenstelling hebben verschild, toen zij werden gevormd?

Neemt men het laatste aan, en rangschikt men de aarden diensvolgens — dus naar het afnemend gehalte aan $Al_2\,O_3$, en het toenemend gehalte aan $Si\,O_2$ — nevens de zure spierklei (IV 4), de versche IJklei en de versche zeer ligte klei uit het Wieringermeer, dan komen de volgende regelmatigheden voor den dag.

Het ijzer neemt af als de zwaarte afneemt, voor zoover het niet in de zure aarde opgehoopt is.

De aluinaarde houdt ook gelijken tred met de zwaarte, en wel in het door zoutzuur en zwavelzuur ontleedbare silicaat. Die regelmatigheid zou ook voor de in zoutzuur oplosbare aluinaarde voor den dag komen, indien ik de aarde niet met sterker zoutzuur en gedurende langeren tijd uitgetrokken had dan VIRCHOW.

Daarentegen neemt de hoeveelheid aluinaarde in het onoplosbare silicaat toe als de zwaarte afneemt (alleen het cijfer der Kuhlaarde zou wat lager moeten zijn); meer zand sluit meer onverweerde veldspathachtige mineraalbrokjes in, en bevat dus meer aluinaarde.

Hetzelfde geldt van de kali; deze houdt gelijken tred met de zwaarte. De zwaarste klei houdt de meeste kali in, de ligtste slechts de helft daarvan. Maar dit geldt niet van de kali in het onoplosbaar silicaat. Daarin neemt de kali en evenzoo de natron [1]) toe, als de zwaarte afneemt, om dezelfde reden als zooeven vermeld is. Meer zand houdt meer veldspathachtige verbindingen in.

De hoeveelheden kalk en magnesia in het onoplosbare silicaat zijn te gering om daaruit gevolgtrekkingen te maken.

Als men nu in aanmerking neemt: 1⁰ dat de zure spierklei I 4 (die in karakter overeenkomt met de Dargmaibolt II, voor zooverre zij beiden sterk zuur zijn) niet minder kali, natron, kalk, magnesia in het onoplosbare silicaat bevat dan de versche IJklei, en 2⁰ dat de verschillen tusschen de zeven aardsoorten op eene oorspronkelijk andere samenstelling, wat het klei- en het zandgehalte betreft, kunnen teruggebracht worden, — dan acht ik VIRCHOW's meening geenszins aannemelijk.

IV. DE WERKINGEN IN DE ZURE KLEI, IN HAAR ONDERLING VERBAND BESCHOUWD.

In klei, door brak water gedrenkt of langs anderen weg gipshoudend geworden, heeft op eene zekere diepte beneden de oppervlakte, onder den invloed van rottende plantaardige of dierlijke stoffen, eene vorming plaats van zwavelijzer, aan welke vorming moeten deelnemen oplosbare sulphaten en dat ijzeroxyde (oxydule), hetwelk het zwakst in de klei gebonden is. De nieuw aangeslibde kleilaag, welke de kwelders vormt in den Dollard, heeft eene zwarte kleur, voor zoover zij met water bedekt is; in de nieuwe Dollardpolders neemt men die zwarte kleur der jongste kleilaag nog overal waar op eene zekere diepte,

---

[1]) De natroncijfers van VIRCHOW in het onoplosbare silicaat van III, II en I komen mij zeer hoog voor, en daarentegen zou men de kalicijfers (de geheele hoeveelheid) iets hooger verwachten. Eene tweede reeks analysen van VIRCHOW van een Dargmaibolt (II, 1), aan de oppervlakte gelegen, en van eene daaronder liggende Maibolt (II, 2), geeft cijfers voor de kali en natron die veel beter met de mijne overeenstemmen, namelijk:

bijna 3.0 pCt. K_2O	0.9 pCt. Na_2O
〃 3.0 〃 〃	0.7 〃 〃

beneden 1.4—1.8 M. afhankelijk van den waterstand [1]). Ook neemt men dit verschijnsel waar onder het plaveisel der steden.

Die zwarte kleur verdwijnt, zoodra de aarde aan de lucht opdroogt.

Dit zwavelijzer is $Fe\,S$, want het ontwikkelt met verdunde zuren zwavelwaterstof. Dat de klei zelve dikwijls naar zwavelwaterstof riekt, als zij versch opgedolven wordt, heb ik meermalen waargenomen. Uit de darg, die ik in het Lageland (Duirswolde) van de provincie Groningen op eene diepte van 0.6 en nog dieper verzamelde, kon met water $H_2\,S$ afgedestilleerd worden; zij bevat veel sulphaat [2]). Ook de blauwe klei riekt somtijds bij de opgraving naar $H_2\,S$ (zooals die bij Korengarst en elders in het Lageland). Koolzuur en humuszuren kunnen dit zwavelwaterstofgas vrijmaken, tenzij bij de rotting reeds onmiddellijk eenige zwavelwaterstof ontsta. De vorming van $Fe\,S$ en van eenig $H_2\,S$ in de zeeklei, zoodra zij met water gedrenkt is, en van de vrije toetreding der lucht afgesloten, is dus bewezen. Aan de lucht oxydeert zich dat zwavelijzer zeer snel, en wanneer koolzure kalk in de klei aanwezig is, vormt zich weder gips en hydratisch ijzeroxyde. De klei wordt dan niet zuur. De reductie van gips en van ijzeroxyde blijft niet beperkt tot de vorming van $Fe\,S$; ook een in zuren onoplosbaar en kristallijn zwavelijzer (pyriet $Fe\,S_2$) wordt gevormd. Dit zou kunnen ontstaan door de werking van $H_2\,S$ op ijzeroxyde of ijzeroxydule onder medewerking van zuurstof, hetzij vrije zuurstof, hetzij die van ijzeroxyde:

$$Fe_2\,O_3 + 4\,H_2\,S + O = 2\,Fe\,S_2 + 4\,H_2\,O$$
$$\text{of } Fe_2\,O_3 + 2\,H_2\,S = Fe\,S_2 + 2\,H_2\,O + Fe\,O.$$

Het is echter niet waarschijnlijk dat deze werking aldus op eenmaal plaats heeft, maar wel dat zich eerst uit gips en ijzeroxyde zwavelijzer ($Fe\,S$) vormt,

[1]) Zie daarover de uitvoerige behandeling in *Scheik. Verh. en Onderz.*, III, stuk 2, blz. 39.

[2]) Analyse van het waterige aftreksel.

3.31 pCt. bases, 1 pCt. SO_3, 0.28 pCt. chloor. In Aequivalenten berekend:

0.36 $Ca\,O$	
0.45 $Mg\,O$	2.46 SO_3
0.52 $K_2\,O$	0.80 Cl.
1.98 $Na_2\,O$	
3.31 Aeq. bases	3.26 Aeq. zuren.

hetwelk later meer zwavel opneemt (tot FeS_2), die uit zwavelwaterstof door de inwerking van eene nieuwe hoeveelheid ijzeroxyde vrij geworden is.

Die zwavelwaterstof moet op hare beurt uit alkalische sulphuren ontstaan zijn. Het is aan DE SÉNARMONT [1]) gelukt een kristallijn pyriet te verkrijgen, door zwavelijzer met eene verzadigde waterige oplassing van H_2S te verhitten in eene gesloten buis. Indien H_2S onder deze omstandigheden zich dissocieert, en zijne zwavel aan het FeS afstaat, zal ook FeS uit H_2S bij de gewone temperatuur zwavel kunnen opnemen, als er eene chemische aantrekking tot de waterstof werkzaam is, en als dit alles in eene oplossing plaats heeft.

Nu heeft BUNSEN werkelijk vóór jaren [2]) zulk eene werking op IJsland waargenomen. De zwavelwaterstof van de vulkanische gassen werkt op de Pelagoniettuff in (een silicaat van de formule $3([K_2, Na_2, Ca, Mg.]O . SiO_2) . 2([Al_2, Fe_2]O_3) . 3(SiO_2) . 9(H_2O)$. Daardoor ontstaan FeS en alkalische sulphuren, zoodat de slib zwart van kleur wordt. Zwavel, uit de werking van H_2S op Fe_2O_3 voortgekomen, wordt door de alkalische sulphaten gebonden tot polysulphuur. Maar, zooals bekend is, lost zwavelijzer in geringe hoeveelheid in polysulphuren op met eene groene kleur. Uit deze oplossing zet zich allengs de pyriet kristallijn af.

Deze verklaring kan men op de pyrietvorming in de klei toepassen, omdat werkelijk eene zwavelwaterstofvorming plaats heeft.

In de plantenorganismen, in diatomeeën, kunnen echter ook zwavel en H_2S ontstaan door het leven der organismen zelve. ETARD en OLIVIER brachten algen (Ulothrix) in natriumsulphaathoudend water (bronwater van Néris) of in gipswater te zamen in eene gesloten flesch, en namen nevens zwavelkorreltjes in de cellen der algen H_2S waar. Dat nu de pyrietvorming in dergelijke organismen gedurende hun leven plaats heeft, is niet aannemelijk. Wel kunnen levende organismen door de sulphuren en de zwavel, die zij voortbrengen, tot de pyrietvorming medewerken.

Overigens ontstaan uit de gips en andere sulphaten, in de rottende plantendeelen, alkalische sulphuren en zwavelwaterstof, welke op het ijzeroxyde (oxydule) in de klei inwerken, zoodat zwavelijzer en zwavel gevormd worden; vervolgens zal (naar BUNSEN's voorstelling) uit eene oplossing van dit zwavelijzer in alkalisch polysulphureet de kristallijne pyriet ontstaan.

Aangezien nu de rotting ook door mikrozoën wordt ingeleid, zoo zoude de zwavelijzervorming toch in elk geval onder den invloed van het leven plaats

---

[1]) C. R. 1851—22 p. 409.

[2]) BUNSEN. 1847. *Ann. Ch. u. Pharm.* B. 61. S. 265.

hebben. Dat de vorming langzaam gaat, bewijst de kristallijne vorm. Al neemt men meestal ronde bolletjes waar, somtijds kan men kuben of pentagoondodecaeders duidelijk onderscheiden. Dat de pyriet voorkomt in plaatselijke ophoopingen, zooals in diatomeeën en ook in plantencellen, bewijst dat de voorwaarden der vorming plaatselijk zeer gunstig kunnen zijn, maar niet overal. Aan organische stof is de vorming gebonden, maar niet alle plantendeelen zijn er even sterk mede voorzien. De organische stof der diatomeeën schijnt bijzonder geschikt te zijn voor pyrietvorming. Kan eene voorafgaande vorming van zwavel gedurende haar leven daarvan de oorzaak zijn?

Men vindt de pyriet in de diepere lagen, zoowel in zeeklei, die nog veel koolzure kalk bevat, als in klei die ze verloren heeft. Zij ontstaat dus bij afwezigheid of althans bij zeer beperkte toetreding van zuurstof.

Die pyriet- en zwavelvorming moet gedurende een langen tijd hebben plaats gehad in den ondergrond van de met riet bedekte oppervlakte. De wortelstokken der rietplanten zijn diep in den bodem doorgedrongen. Neemt men aan, dat al het ijzersulphaat, dat nevens het pyriet in de zure laag gevonden is, eenmaal pyriet is geweest, dan moet eene zeer aanzienlijke hoeveelheid sulphaat uit het zeewater in een lang verloop van tijd aangevoerd en achtereenvolgens vastgelegd zijn.

Ofschoon wij niet weten welk sulphaat uit het zeewater het meest is herleid geworden, zoo is het voor ons doel bruikbaar de gips te kiezen, welker aequivalentgewicht tusschen die der overige het midden houdt ($Ca\,SO_4 = 68$, $Mg\,SO_4 = 60$, $Na_2\,SO_4 = 71$, $K_2\,SO_4 = 87$). Maken wij de berekening op de gips, dan verkrijgen wij, dat in de laag I 5 op 92 Gram [1]) aarde 20 Gram gips, dus ruim $^1/_5$ van haar gewicht is opgenomen en omgezet.

Voor de laag Dargmaibolt II (VIRCHOW) bedraagt de hoeveelheid op 92 gram aarde, 24 gram gips, dus $^1/_4$ ongeveer van haar gewicht.

Van dit sulphaat werd in I 5 ongeveer $^5/_{10}$ als pyriet, ruim $^1/_{10}$ als S aangetroffen, het overige als SO_3.

In het hoogere gedeelte der zure laag I 3 en I 4 is de hoeveelheid niet zoo groot, maar toch aanzienlijk: de zure kleilaag heeft eene dikte van ruim 1 Meter, en is bedekt met eene laag van 2—4 d. M. klei, welke hare zwavel (SO_3 en $Fe\,S_2$) voor een groot deel verloren heeft. Aangezien echter de klei in oorspronkelijken toestand eene hoeveelheid S bevat (als SO_3 en $Fe\,S_2$) die, als gips berekend, slechts $\pm$ 3 pCt. bedraagt, en aangezien eene zekere hoe-

[1]) Dit cijfer is verkregen door aftrekking van het gehalte aan $Ca\,SO_4$, SO_3 en S van honderd deelen drooge aarde.

*

veelheid sulphaten uit den bodem weggespoeld en dus verwijderd is in de 5 à 6 jaren, sinds de inpoldering verloopen: zoo is het bewezen dat de aanzienlijke hoeveelheid zwavel, in de zure laag opgehoopt, slechts voor een klein gedeelte uit de bovenste laag afkomstig kan zijn, en dus uit het brakke water, hetwelk den bodem vroeger bespoelde, moet opgenomen zijn — of wel (zooals in het Naardermeer) uit den dieperen ondergrond, die rijk is aan zeewaterzouten, of die met de zee in gemeenschap staat. Ik zeg „bespoelde", want wanneer het terrein diep onder het water had gestaan gedurende het lange tijdsverloop der vorming, dan zoude daarop geen welige rietgroei hebben plaats gehad. Een bodem, dien wij in nog zuren toestand vinden, moet dus moerassig geweest zijn, en aan den oever gelegen hebben van eenen met brak water gevulden boezem, of wel zeewaterzouten uit diepere lagen door opwellend water ontvangen hebben. En daarmede stemt nu alles overeen, wat in Hoofdstuk I omtrent het voorkomen der zure lagen in het alluvium is medegedeeld. De groote hoeveelheid van wortelstokken en wortels en van de mikro-organismen in den ondergrond van zulk eenen bodem hebben aanleiding gegeven tot de aanzienlijke pyrietvorming. De zure lagen worden daar aangetroffen, waar een langdurige groei van riet, en van de het riet vergezellende planten, onder invloed van min of meer brak water heeft plaats gehad.

Waar veendeelen met klei gemengd voorkomen, onder brak water bedolven, zooals waargenomen wordt op de grenzen der veen- en kleivorming — dat wil zeggen waar klei op veen of darg bezonken is, of waar veen op klei gevormd is — daar heeft men ook pyrietvorming te verwachten, en als deze pyriet zich oxydeert ijzersulphaatvorming; althans, ingeval deze gemengde laag hare koolzure kalk geheel verloren heeft [1]).

De pyrietvorming heeft niet alleen eene ophooping van zwavel, maar ook van ijzer ten gevolge gehad. Er is dus tijdens dat proces ook ijzeroxyde aangevoerd en met zwavel uit de sulphaten vastgelegd. Voor de zure laag van den uiterwaard des Noordpolders (IJ) is het mij niet gelukt de afkomst van dat aangevoerde ijzer op te sporen. Uit de bovenlaag kan het niet gekomen zijn (zie bladzijde 82). Evenmin van beneden, want de laag rust op veen. Is het misschien afkomstig uit het brakke water, dat den bodem vroeger bespoelde en bij hooge vloeden overstroomde, en — hoe gering het gehalte ijzeroxyde van

[1]) Dit nam ik waar in de Legmeerplas (zie bladz. 49). Ook in de IJpolders is zulks op enkele plekken voor den dag gekomen, waar (ten gevolge van het graven van slooten) aarde uit de overgangslaag van veen tot klei boven gebracht was. Door de oxydatie van de pyriet is deze aarde niet overal, maar hier en daar zuur geworden.

dit water moge zijn — daaruit in een lang tijdsverloop opgenomen? In het vastleggen van ijzeroxyde als pyriet zou dan de verklaring moeten gezocht worden, waarom die aan ijzeroxydoxydule verarmde klei uit het water het spoor ijzer kan opnemen, hetwelk het bevat. Dat uit hoogst verdunde oplossingen in de natuur zekere bestanddeelen plaatselijk kunnen opgehoopt en afgezet worden als aders, knollen, kristalletjes, bijv.: mangaanoxydule als $Mn O_2$, koperoxyde als $Cu_2 S$, boorzuur als Boraciet, phosphorzuur als Vivianiet enz. enz., daarop is in den laatsten tijd door DIEULAFAIT en anderen opmerkzaam gemaakt.

De oorspronkelijk aanwezige koolzure kalk is opgelost en uitgespoeld. De groote hoeveelheid plantaardige overblijfselen hebben ongetwijfeld die oplossing bevorderd door de voortbrenging van veel koolzuur bij hunne ontbinding.

Bovendien is het uit de analysen gebleken, dat de bases ($Ca O$, $Mg O$, $Na_2 O$, $K_2 O$), die aan dat zwavelzuur gebonden zijn gewcest, hetwelk uit het zeewater is opgenomen en welks zwavel is vastgelegd, grootendeels verdwenen zijn. In het midden latende of zwavelzure alkalische-aarde, dan wel zwavelzuur alkali het meest gereduceerd is, zoo is het zeker dat bij de reductie tot sulphuren, en de omzetting dezer met het ijzeroxyde (oxydule) tot pyriet: de bases tot koolzure zouten zijn geworden. Zijn zij door de aarde vastgelegd, dan moet eene vermeerdering gevonden zijn. Die vermeerdering wordt alleen in de diepere lagen darg en veen gevonden, in zooverre daar meer kalk aan humuszuur gebonden voorkomt, en meer in water oplosbaar magnesia- en alkalizout. Het grootste gedeelte echter ontbreekt, en is dus weggespoeld. Daar de hoogere lagen niet armer aan kali en magnesia zijn geworden, en de diepere iets rijker, zoo moet die vermeerdering ten slotte afkomstig zijn van de omgezette sulphaten.

De tweede phase in het proces is de oxydatie van de pyriet en de zwavel. Ik meen dat men dwalen zoude, als men aannam dat de beide verschijnselen volstrekt tot verschillende tijdperken behooren, en dus in het geheel niet gelijktijdig plaats hebben. Wel heeft de reductie de overhand in den ondergrond, zoolang de bodem in den toestand van moeras verkeert; daarentegen de oxydatie, als de bodem op afwatering wordt gelegd, en het water op eene zekere diepte beneden het maaiveld wordt gehouden. Als de zure laag blootgelegd en tot bovengrond wordt, hetzij door afgraving (Buitendijksland van den Noordpolder IJ), hetzij door afspoeling (de eilandjes in het IJ), dan wordt allengs de geheele oxydatie voltooid (II, III). Maar ook in den tijd dat de bodem een moeras is, kan plaatselijk de oxydatie door de indringende luchtzuurstof niet geheel ontbreken, zoodat hier en daar ijzersulphaat uit het vroeger gevormde pyriet ontstaat; dit geldt vooral voor het bovenste gedeelte der laag. Men vindt nevens

pyriet en zwavel ijzersulphaat, maar betrekkelijk minder van het laatste, naarmate de laag dieper ligt.

Aeq. Zwavel.

	Als IJzersulphaat	Als FeS_2 en S.
Klei op 0.5 M.	3.8 pCt.	0.9 pCt.
〃 〃 0.75 〃	4.7 〃	9.0 〃
〃 〃 1.0 〃	5.9 〃	20.6 〃
Darg 〃 1.5 〃	2.1 〃	16.6 〃
Dargmaibolt II VIRCHOW 〃 5.3 〃	$<$4 〃	28.7 〃
Diepere lagen onder Amsterdam	0.3 tot 1.3 pCt.	8 tot 14 pCt.

Een monster klei onder de rietzoddelaag in den Naardermeerpolder was in verschen toestand nog weinig zuur en, na een tijd aan de lucht gelegen te hebben, zeer zuur (Tafel II Monster VI 15). Zoolang er nog voldoende koolzure kalk van de oorspronkelijk aanwezige overig is, zal de oxydatie der pyriet op den duur geen ijzersulphaat achterlaten, omdat het zich met de koolzure kalk tot ijzeroxyd en gips omzet. Al ontbreekt de koolzure kalk plaatselijk, waar zich veel organische overblijfselen bevinden, en waar veel pyriet gevormd en weder geoxydeerd is, zoo zal zij allengs uit de omliggende deelen daarheen gevoerd worden.

De hoeveelheid koolzure kalk kan echter te gering zijn om het door oxydatie ontstaande zwavelzuur te verzadigen. Een monster klei uit het Naardermeer leverde daarvan een voorbeeld op (zie Tafel II). Meestal is echter de koolzure kalk geheel opgelost en weggevoerd. Dan kan niet meer zwavelzuur en zwavelzuur ijzeroxyd tot alkalisch sulphaat worden, dan er bases (CaO, MgO, Na_2O K_2O, H_3N) uit het humaat en silicaat — ik zeg niet: aanwezig — maar *beschikbaar* zijn.

Het blijkt dat die hoeveelheid onvoldoende is, want de aarde wordt sterk zuur door het gevormde ijzersulphaat [1]).

[1]) DIEULAFAIT vermeldt in *C. R.* 98, p. 1007 dat bij de Durance zure gronden voorkomen. Zij zijn gevormd uit de slib van kalkbergen, in welke veel pyriet ingestrooid is (disséminé). De pyriet wordt geoxydeerd: „et le résultat est la formation d'acide sulphurique qui rend momentanément les dépots acides, favorise la séparation des phosphates et finalement (les alluvions étant riches en calcaire) produit du gipse." De vraag rijst of deze zuurheid wel waargenomen is, tenzij dan in dat gedeelte der sliblaag, hetwelk hare koolzure kalk verloren heeft.

Wordt de pyriet in zijn geheel geoxydeerd [1]), dan ontstaat nevens ferrisulphaat nog zwavelzuur:

$$2 Fe S_2 + 15 O = Fe_2 O_3 . 3 SO_3 + SO_3.$$

Of deze oxydatie van de pyriet in verschillende phasen plaats heeft, en welke deze zijn, is onbekend [2]).

Aangezien de hoeveelheid basisch ferrisulphaat — de gele uitslag — zooveel grooter gevonden wordt dan die van het oplosbare normale ferrisulphaat, zoo is het duidelijk dat het eerst ontstaande ferrisulphaat en zwavelzuur zich door de aarde verspreiden en op hare bestanddeelen terugwerken.

Werd nu al het vrije zwavelzuur, en de grootste helft van het zwavelzuur uit het normale ferrisulphaat, gebonden aan alkalische bases, die uit humaat en silicaat afkomstig zijn, dan zou al het basische ferrisulphaat, dat men na de oxydatie der pyriet aantreft, afkomstig zijn van die pyriet. Maar dat is zeker het geval niet. De hoeveelheid alkalische bases is niet verminderd, zooals boven aangetoond is, en daarentegen is het ijzer van de aarde voor het grootste gedeelte tot basisch ferrisulphaat geworden, bijvoorbeeld:

---

[1]) Men zou de vraag kunnen opwerpen of al het ijzersulphaat in den zuren bodem door de oxydatie van pyriet is ontstaan.

Zouden bijvoorbeeld de humuszuren uit de sulphaten der alkalische aarden van het water eenig zwavelzuur kunnen vrijmaken, hetwelk dan aan ijzeroxyde (oxydule) in de aarde gebonden wordt, omdat er een evenwicht mogelijk is tusschen eene zekere hoeveelheid kalkhumaat, en eene zekere hoeveelheid ijzersulphaat? Het is minder waarschijnlijk, maar a priori niet te ontkennen. Dat ijzeroxyd, gebonden aan humuszuur tot eene in water oplosbare verbinding, zooals die in de aarde kan voorkomen (zie hoofdstuk II blz. 59), zich met opgeloste gips zou omzetten tot onoplosbaar kalkhumaat en oplosbaar ijzersulphaat, is niet waarschijnlijk. Moet men nog in 't midden laten, of er onmiddellijk uit sulphaten (aangevoerd in het water dat de aarde drenkt) en het ijzeroxyd der aarde een weinig ijzersulphaat kan ontstaan, zoo is het zeker dat in de onderwerpelijke gronden de zwavel is opgehoopt als pyriet en als zwavel, en dat door de oxydatie dier groote hoeveelheid pyriet zooveel ijzersulphaat en zwavelzuur ontstaan zijn.

[2]) Men zou zich kunnen voorstellen, dat de pyriet zich eerst oxydeert tot $Fe SO_4$ onder afscheiding van zwavel, en vervolgens het $Fe SO_4$ tot normaal ferrisulphaat en tot basisch ferrisulphaat (den gelen uitslag). Scheidt zich bij de oxydatie zwavel in amorphen toestand af, dan zou daaraan, althans voor een deel, de aanwezigheid van in zwavelkoolstof onoplosbare zwavel kunnen toegeschreven worden. Aangezien echter in de aarde sulphaten tot zwavel kunnen gereduceerd worden, en deze zoowel het meest voorkomt in de laag waar de reductie de overhand heeft, — en aangezien deze zwavel ook door de oxydatie uit de aarde weder verdwijnt, — zoo behoeft men die hypothese niet in te roepen.

Zure aarden, welker pyriet en zwavel geoxydeerd is.	Basisch *Ferrisulphaat.*	Gansche hoeveelheid *Ferrioxyd* in de aarde (in zoutzuur oplosbaar).
II	5.9 Aeq. SO_3	9.8 Aeq. Fe_2O_3
III 1	10.5 〃 〃	11.0 〃 〃

Een deel van het basisch ferrisulphaat moet dus nieuw ontstaan zijn uit zwavelzuur, afkomstig van de pyriet en uit het ijzeroxyde der aarde. Het zwavelzuur heeft buitendien eenige aluinaarde uit het zeolithisch silicaat aangetast. Nu zijn de alkalische bases, in het humaat en vooral in het zeolithisch silicaat der aarde voorhanden, ruim voldoende om het zwavelzuur te kunnen verzadigen, dat als basisch ferrisulphaat aanwezig is:

In het silicaat en humaat gebonden [1])	I 4 Aarde nog pyriet bevattend	II Aarde, welker pyriet en zwavel grootendeels geoxydeerd is
Aeq. CaO	1.1	2.4
〃 MgO	6.5	7.0
〃 K_2O	2.8	2.8 (K₂O + Na₂O)
〃 Na_2O	0.5	
Som der alkalische bases	10.9 Aeq.	12.2 Aeq.
SO_3 gebonden aan Fe_2O_3	4.7 〃	5.9 〃
Meer Bases	6.2 Aeq.	6.3 Aeq.

In Hoofdstuk III *c* is uit de berekening afgeleid, dat de alkalische bases in het humaat en het zeolithisch silicaat door de pyrietvorming niet belangrijk vermeerderd zijn; na de oxydatie zijn zij niet of weinig verminderd. Bovendien overtreft het basisch ijzersulphaat de overige sulphaten. Tafel VI *a* maakt dat aanschouwelijk.

[1]) Dus: door zoutzuur opgelost na uittrekking der aarde met water.

	I Zure kleilagen nog pyriethoudend	II Zure kleilagen grootendeels geoxyd.
SO_3 aan kalk gebonden	0.5 tot 4.0 Aeq.	0.9 tot 2.2 Aeq.
SO_3 aan ijzer gebonden	2.7 〃 6.7 〃	6.1 〃 11.4 〃

De darg (I *b*) en het veen III 1 maken daarop eene uitzondering, omdat de hoeveelheid ijzer hierin van nature gering is.

Uit al deze waarnemingen en berekeningen volgt, *dat het ijzeroxyde in de aarde de alkalische bases van humaat en silicaat tegen de inwerking van het zwavelzuur*, *tot aan eene zekere grens*, *beschut*. Ook het phosphorzuurgehalte in de gedeeltelijk geoxydeerde laag I 4 is onveranderd gebleven. Dit wordt sterk genoeg vastgehouden om aan het zwavelzuur weerstand te bieden. Men mag aannemen, dat het ijzeroxyde (oxydule) slechts voor een klein deel in de bouwaarde vrij aanwezig is, tenzij het, na reductie tot ferrocarbonaat en vervolgens oxydatie ondergaan te hebben, op eene bepaalde plaats is afgezet geworden [in spleten, in de zoogenaamde oerlaag onder de bouwlaag, enz.]. Slap zoutzuur lost dan ook slechts een gedeelte op. Een groot gedeelte moet in het zeolithisch silicaat gebonden zijn, een klein deel in het humaat [1]).

Uit al het aangevoerde volgt, dat het ijzeroxyde het ruimst *beschikbaar* is om het zwavelzuur te verzadigen, en dat het dus in humaat en zeolithisch silicaat zwak gebonden is. Behalve ijzeroxyde wordt ook eenige aluinaarde uit het silicaat door het zwavelzuur aangegrepen.

De alkalische bases, die uit humaat en silicaat door het zwavelzuur zijn opgenomen, vindt men in de oplosbare sulphaten terug. Van kali heeft het zwavelzuur betrekkelijk het minst (zie de Aeq. hoeveelheden K_2SO_4 op Tafel IV *a*) bemachtigd.

Dat de kali het sterkst in het zeolithisch silicaat gebonden is, blijkt dus evenzeer bij het thans beschreven verschijnsel, als bij de zoogenaamde absorbtie-verschijnselen.

De kalk vindt men als gipskristalletjes nevens den gelen uitslag, vooral op de plaatsen waar rietpijpen liggen. Deze gips, evenals de zwavelzure magnesia en de zwavelzure alkaliën, acht ik dus grootendeels nieuw ontstaan uit het

[1]) Het in zoutzuur onoplosbare silicaat bevat zeer weinig ijzeroxyde, hetwelk trouwens aan de werkingen niet deelneemt.

door oxydatie van pyriet gevormde zwavelzuur, en uit de bases, die door de humaten en het zeolithisch silicaat zijn afgestaan. Zij zijn als het ware *secundair* gevormd.

In het geheel moet de werking van het zwavelzuur eene zeer ingewikkelde zijn. Er moet zich een scheikundig evenwicht vormen tusschen: — de oplosbare sulphaten van Fe_2O_3, FeO, CaO, MgO, Na_2O, K_2O, — het onoplosbare ijzersulphaat, — eenig aluminiumsulphaat — de humaten waarin vooral kalk blijkt gebonden te zijn — en het zeolithisch silicaat — welk evenwicht tevens nog afhankelijk is van de hoeveelheid water en de temperatuur.

Van de hoeveelheden der verschillende stoffen, en vooral van de sterkte der binding van de bases in humaat en silicaat, moeten het evenwicht en de voortdurende verandering van dat evenwicht voornamelijk afhankelijk zijn. Wij kunnen het nog niet aan eene berekening onderwerpen.

De onoplosbaarheid van het basische ijzersulphaat moet de oorzaak zijn, dat ten slotte het zwavelzuur grootendeels aan ijzer vastgelegd wordt. Dat eene zekere hoeveelheid oplosbaar ferrisulphaat ($Fe_2O_3 . 3SO_3$ met eenig $Al_2O_3 . 3SO_3$), dat in water min of meer gedissocieerd is, nevens het beschikbaar ijzeroxyd, het alkalisch humaat en het aan alkalische bases rijke zeolitische silicaat, blijvend voorkomt, kan toegeschreven worden:

1°. aan de ontledende werking van water op een basisch ferrisulphaat dat nog meer dan 1 Aeq. SO_3 op 1 Aeq. Fe_2O_3 bevat, zoodanig dat een basischer sulphaat en eenig normaal sulphaat ontstaat;

2°. aan het sterker gebonden zijn van alkalische bases in humaat en silicaat;

3°. aan de niet homogene samenstelling der aarde.

Ter verklaring van dit laatste punt houde men in het oog, dat op bepaalde plekken, waar veel organische stof ligt die aan het reductieproces heeft deel genomen, en waar dus veel pyriet gevormd is, later door de oxydatie veel zwavelzuur is gevormd. Dit zwavelzuur heeft wellicht in de omringende deeltjes niet genoeg ijzeroxyde, nevens beschikbaar FeO, CaO, MgO, Na_2O, K_2O, gevonden, om basisch ferrisulphaat en oplosbare alkalische sulphaten (en van FeO) te vormen. Op zulk eene plaats moet dan eene grootere hoeveelheid normaal ferrisulphaat ontstaan zijn.

Op die wijze is het verklaarbaar, dat de eene plek in de aarde zooveel zuurder is dan de andere. Deze ongelijkheid zal zoo spoedig niet weggenomen zijn. De beweging der bestanddeelen in den bodem is niet snel genoeg, om te bewerken dat alle bestanddeelen, oplosbare en onoplosbare, die op elkander kunnen inwerken, in korten tijd in elkanders nabijheid komen, en een eindevenwicht vormen. Plaatselijke verschillen in samenstelling moeten dus blijven bestaan. Zoo komt

zelfs in de aan koolzure kalk rijke klei van IJ en Zuiderzee (zie Tafel I*a* en II*a* der vorige verhandeling) eene geringe hoeveelheid onoplosbaar sulphaat, dus basisch ijzersulphaat, voor. Dit moet plaatselijk door de oxydatie van pyriet gevormd, en nog niet omgezet zijn door de kalk, welke als oplosbare dubbelkoolzure kalk in den bodem zich rondbeweegt. De ongelijke samenstelling der zure laag wordt trouwens bewezen uit de analysen der waterige aftreksels (zie blz. 56—59). De aequivalente hoeveelheden $Fe_2 O_3$, $Al_2 O_3$, Ca O, Mg O. enz. zijn verschillend bevonden naarmate van de wijze van uittrekking met water.

Snelle uitspoeling brengt het meeste ferrisulphaat, ja zelfs eenig vrij zwavelzuur in oplossing. Lang schudden veroorzaakt eene terugwerking der opgeloste bestanddeelen op de aarde, waarbij onder anderen meer $Al_2 O_3$ en minder $Fe_2 O_3$ in oplossing komen.

De voortdurende inwerking van het regenwater op eene tot oxydatie overgegane zure laag voltooit de vorming van het onoplosbare ijzersulphaat (den gelen uitslag) ; de oplosbare sulphaten worden allengs uitgespoeld ; een zeer basisch ijzersulphaat blijft terug, dat door water ten slotte niet meer wordt ontleed.

Is de gele uitslag sterk, dan is er als het ware een stilstand van organisch leven. Geen enkele levende plantenwortel komt daarin voor; ook de gewone gistingen of rottingen, zooals de humificatie, staan stil. De vele rietvezels verteren niet. Is de uitslag minder sterk, of is het uit de pyriet gevormde ferrisulphaat $(Fe_2 O_3)^3 (SO_3)^4$ allengs door de inwerking van het water $Fe_2 O_3 SO_3$ of $(Fe_2 O_3)^2 SO_3$ geworden, dan kunnen allengs enkele planten (zooals bijv. de witbol, Holcus lanatus) daarop voortkomen; hare wortels zoeken als het ware de beste plekjes uit. Ik heb herhaaldelijk waargenomen, dat de aarde, waarin zulk eene pol van witbol zich ontwikkeld had, nog zuurachtig reageerde, ofschoon zij geenen uitslag meer vertoonde. Zij bevatte slechts eene geringe hoeveelheid (0.16 pCt. SO_3) in water oplosbare sulphaten, maar nog tamelijk veel onoplosbaar ferrisulphaat; want zoutzuur bracht, na water, 1.5 pCt. SO_3 in oplossing.

Voordat eene zure aarde uit de lucht en het water genoeg ammonia en koolzure zouten ontvangen heeft om het ijzersulphaat geheel te ontleden, moet al een zeer groot aantal jaren verloopen.

Zoodra echter kalk, of klei die koolzure kalk bevat, of veel dierlijke mest met de zure aarde vermengd wordt [1]), neemt de aarde eene roode kleur aan, door de vorming van ijzeroxyd uit het basisch sulphaat. De rietvezels veran-

---

[1]) De hoeveelheid kalk, die noodig is om in eene zure laag van verscheidene decimeters al het ferrisulphaat te ontleden, is zeer aanzienlijk. Zij bedraagt verscheidene hectoliters voor elke Are.

deren en worden tot zwarten humus omgezet. In elke kluit aarde, die de verbetering heeft ondergaan, treft men weder spoedig levende plantenwortels aan.

Uitbreiding der zuurheid en der sulphaten in diepere lagen door uitspoeling der zure laag.

Van de aardlagen, in welke de zuurheid is ontstaan, zijn nog te onderscheiden diegene, welke daaronder liggen, en welke den invloed der oxydatie eener hoogere zure laag ondergaan hebben.

Daartoe is bijv. te brengen de veenlaag (III^2) onder de zeer zure laag (II en III). Zij geeft betrekkelijk veel ferrisulphaat en aluminiumsulphaat af aan water, zij is ook zeer zuur; zij bevat veel oplosbare sulphaten, en betrekkelijk minder onoplosbaar ijzersulphaat (in vergelijking met zure kleilagen). Zij moet veel zwavelzuur ontvangen hebben uit de boven haar liggende kleilaag, waarin de oxydatie bijna voltooid is.

Evenzoo is de zure zavelklei (Monster V) van een der eilandjes op het IJ daarvan een voorbeeld. Hierin zijn weinig plantenoverblijfselen (gloeiverlies 3.4 pCt.).

Inzonderheid behooren daartoe al die gipsrijke kleilagen, welke onder de zure veen- of kleilagen voorkomen, ter plaatse dus waar de kleilaag eene dikte van meer dan 1 Meter bezit. Ik nam zulks waar in het Lageland van Groningen, in den Haarlemmermeerpolder enz. De koolzure kalk dier klei heeft zwavelzuur en ijzersulphaat uit de zure lagen ontvangen, en die tot gips omgezet. Zoo is het te verklaren, dat — bijv. in een monster klei (in den Haarlemmermeerpolder) op 1 M. diepte gelegen — 2.6 pCt. SO_3 als gips nevens veel koolzure kalk voorkomt, behalve nog 2 pCt. en meer pyriet.

De verschillende phasen of tijdperken, in welke de zure gronden worden aangetroffen.

Uit al de medegedeelde waarnemingen en beschouwingen volgt, dat men in de natuur de zure lagen in zeer verschillende tijdperken van hare wording kan aantreffen. Zij kunnen aldus onderscheiden worden:

1°. Die, in welke het proces begint. De bodem is met riet en andere moerasplanten bedekt, en met gipshoudend water gedrenkt, (Naardermeer, Reutem bij Overijssel, enz.; in 't algemeen brakwater-moerassen).

2°. Die, welke van de lucht afgesloten zijn. Zij bevatten veel pyriet en zwavel, weinig of geen ijzersulphaat. Zij vertoonen nog geene of slechts eene zwakke

zure reactie (de overgangslagen tusschen veen en zeeklei, het onderste gedeelte der zure laag).

3^0. Die, tot welke de lucht gebrekkige toetreding heeft. Zij bevatten nevens pyriet en zwavel meer ijzersulphaat dan de vorige.

4^0. Die, welke weder aan de toetreding der lucht en aan uitspoeling blootgesteld zijn. Pyriet en zwavel verdwijnen. Zij bevatten veel ijzersulphaat als gelen uitslag (in 't algemeen: de bovenlagen der zure gronden nadat zij drooggelegd zijn).

5^0. Die, welke uit eene zure bovenlaag sulphaten en zwavelzuur hebben ontvangen. Zij bevatten veel sulphaten, en ten deele is daaruit weder pyriet en zwavel gevormd.

Men kan deze laatste lagen nog in twee soorten verdeelen:

a. Zij kunnen zuur worden of geworden zijn als er geen koolzure kalk, of geene genoegzame hoeveelheid beschikbare alkalische bases in carbonaat, humaat en silicaat aanwezig zijn (veen, darg en zelfs klei onder de zure laag in buitendijkslanden en eilandjes van het IJ).

b. Of wel, zij bevatten genoeg koolzure kalk om al het aangevoerde zwavelzuur uit het ijzersulphaat te binden, en zijn dan bijzonder rijk geworden aan gips (Blauwe klei onder zure lagen in Haarlemmermeer, in het Lageland van Groningen, enz.).

BIJLAGE.

De methoden van analyse.

Omtrent de door mij gevolgde methoden van analyse meen ik het volgende te moeten mededeelen, ter beoordeeling van de verkregen nauwkeurigheid.

De aftreksels werden tot droog wordens verdampt ter afscheiding van het kiezelzuur. Het verdient opmerking, dat zoo weinig kiezelzuur in oplossing komt, als de aarde met sterk zoutzuur uitgetrokken en daardoor het zeolithisch silicaat ontleed wordt.

Het residu der zoutzure aftreksels, en zoo noodig ook van de waterige, werd weder opgelost, en deze oplossing in twee gedeelten verdeeld. A en B.

Wegens het gehalte aan humusstoffen werd voor de bepaling van ijzeroxyde, aluinaarde, zwavelzuur en de alkalische aarden de oplossing A verdampt, en het residu met een overmaat van zuivere soda en eenige salpeter gegloeid.

Water onttrok daaraan al het zwavelzuur en een deel der aluinaarde als natriumaluminaat. Deze oplossing werd nog eens na toevoeging van zoutzuur verdampt om sporen kiezelzuur, die bij de eerste afscheiding in oplossing konden gebleven zijn, te verwijderen; daarna werd het zwavelzuur en vervolgens de aluinaarde [1]) bepaald. Hetgeen water terug liet — het Fe_2O_3, de overige Al_2O_3, de CaO en de MgO — werd in salpeterzuur opgelost, en de scheiding der nitraten bewerkstelligd naar de methode St. Claire Deville. Uit het residu werden Fe_2O_3 en Al_2O_3, uit de oplossing de alkalische aarden bepaald.

De gloeiing met soda en salpeter werd uitgevoerd om de humusstof, die in het zoutzure aftreksel in groote hoeveelheid voorkomt, te vernietigen, zonder zwavelzuur te verliezen. Deze humusstof belet de geheele afscheiding van ijzeroxyde door ammonia, aangezien een ammoniakaal ijzerhumaat in oplossing blijft [2]). Bovendien kan op deze wijze het zwavelzuur bepaald worden buiten aanwezigheid van

---

[1]) Deze moest nog op een gehalte van kiezelzuur onderzocht worden (zie bladz. 104).

[2]) Bij het zoutzure aftreksel van den darg I 6 nam ik waar, dat ammonia in het geheel geen ijzeroxyde afscheidde. Alles bleef in oplossing.

ijzeroxyde. Dit is noodig; want slaat men het SO_3 met $BaCl_2$ neder bij aanwezigheid van ijzer, dan sleept het $BaSO_4$ eenig Fe_2O_3 mede en houdt dit zeer sterk vast. Slaat men eerst het Fe_2O_3 en Al_2O_3 door ammonia neder, dan is het zwavelzuur hoogst bezwaarlijk uit te wasschen, en moet men het ijzeroxyde en aluinaarde wel tweemalen ompraecipiteeren.

Het ijzeroxyde en de aluinaarde werden te zamen gewogen, in zoutzuur weder opgelost, en het ijzeroxyde naar de methode OUDEMANS getitreerd. Uit verscheidene toetsingsanalysen is mij gebleken, dat deze methode in niets achter staat bij andere, ook niet bij de onlangs aangegeven scheiding met trimethylamine. De oude methode van scheiding door kali is zeer onnauwkeurig, want de oplossing van het kalium-aluminaat wordt bij het uitwasschen ontleed, waardoor aluinaarde bij het ijzeroxyde terug blijft. Zeer geringe hoeveelheden ijzeroxyde en aluinaarde werden steeds bij de alkalische aarden en alkaliën teruggevonden.

Het tweede gedeelte der oplossing (B) diende tot de bepaling der alkaliën. Na verwijdering van Fe_2O_3 en Al_2O_3 (afscheiding met ammonia en behandeling van den neerslag naar de methode St. CLAIRE DEVILLE, om de kleine hoeveelheid alkalische aarden en alkaliën welke medegesleept wordt, weder af te scheiden) werd het zwavelzuur met $BaCl_2$ verwijderd, en werden uit het filtraat de alkalische aarden (met eenig Fe_2O_3 en Al_2O_3) van de alkaliën gescheiden, door de chloruren in oxalaten en carbonaten om te zetten en ten laatste deze met water te scheiden. Hierbij is 't volgende op te merken.

Bij eene snelle uittrekking met water komt merkbaar magnesia in oplossing.

Laat men dat aftreksel staan, zoo zet zij zich af, maar er blijft toch eene weegbare hoeveelheid (ruim 1 mGr.) bij de koolzure alkaliën in oplossing. Worden deze in chloruren omgezet, ingedampt, verhit (niet te hoog opdat geene alkalichloruren zich vervluchtigen), gewogen en vervolgens in water opgelost, zoo blijft het grootste gedeelte van deze magnesia onopgelost.

De kali werd als platinazout afgescheiden, de natron dus uit het verlies bepaald. Het cijfer van de kali werd gezuiverd van den invloed van een gering kaligehalte in het gebruikte zuringzuur. Het cijfer van de natron werd gezuiverd van den invloed van een spoor magnesia die nog bij de chloruren der alkaliën terugblijft [1]).

Bij analysen van afgewogen en te samengemengde hoeveelheden SO_3, Fe_2O_3, Al_2O_3, CaO, MgO, K_2O en Na_2O had ik meermalen gelegenheid deze

---

[1]) Het bedrag van beide fouten werd afzonderlijk bepaald.

methode te toetsen [1]). De hoeveelheden kwamen ongeveer overeen met degene, welke uit 2—4 Gram aarde verkregen worden. De verkregen nauwkeurigheid beweegt zich voor de meeste bepalingen tusschen ± 0.2 pCt. en ± 0.05 pCt. [2]) van de som der aanwezige bestanddeelen. Van sommige aarden, waarvan de waterige, zoutzure, zwavelzure aftreksels en het onoplosbare residu afzonderlijk geanalyseerd werden, werd ten slotte nog eene gansche analyse na ontleding met fluorwaterstofzuur gemaakt; evenals voor het SO_3 en de S (of voor $Fe_2 O_3$ en $Al_2 O_3$) na smelting met soda en salpeter, of na behandeling met koningswater. De verkregene overeenstemming dezer bepalingen op eenmaal met de som der afzonderlijke bepalingen leert, dat de analysen van 2 tot 4 Gram aarden deugdelijke uitkomsten hebben opgeleverd. De overeenstemming is echter voor alle bestanddeelen niet even groot; zij is zeer groot voor de kalk, de magnesia, de kali, het ijzeroxyde, zooals op Tafel III en de Tafels der vorige verhandeling I *a* en II *a* (de analysen van de IJklei en van de ligtste klei uit het Wieringermeer) te zien is. Ook voor SO_3 is eene zeer voldoende overeenstemming verkregen (zie Tafel VI *b*).

De natron vindt men ligtelijk iets te hoog, vooral wanneer niet eene zuivering voor de magnesia, die mede opgelost wordt bij de alkaliën (zie boven), aangebracht wordt. Bij de analyse der zware IJklei en der ligte Wieringermeerklei is het verschil tusschen de som der afzonderlijke bepalingen (waarin de fout zich dus opgehoopt heeft) en de bepaling in de gansche aarde nog 0.1—0.3 pCt. op een gehalte van ruim 1 pCt., ofschoon de magnesia zooveel mogelijk afgescheiden is.

Voor het kiezelzuur kan de fout in de bepaling aanmerkelijk zijn, hetgeen daaraan is toe te schrijven, dat (na smelting der aarde met soda en behandeling met zoutzuur) de scheiding van aluinaarde en ijzeroxyde van het kiezelzuur door indamping tot droog bij 100° en daarop volgende behandeling met zoutzuur, niet nauwkeurig is, al zorgt men dat de massa geheel droog wordt (zooals H. Rose aanbeveelt). Er blijft ongeveer $^1/_2$ pCt. ijzeroxyde en aluinaarde bij het kiezelzuur terug. Omgekeerd lost eenig kiezelzuur met het ijzeroxyde en de aluinaarde enz. in het zoutzuur op, hetgeen men daarbij terug vindt, als zij met ammonia worden neêrgeslagen. Deze neêrslag moet dus, evenals het zooeven vermelde residu van kiezelzuur, nadat het gewogen is, met fluorwaterstofzuur en met zwavelzuur behandeld en gegloeid worden,

[1]) Die toetsing acht ik zeer noodig; zonder deze is het niet mogelijk eenige zekerheid te verkrijgen omtrent de nauwkeurigheid, die men bij eene zoo ingewikkelde scheiding bereikt.

[2]) Bij de analyse van 2 Gram beantwoordt dit aan een verschil van 4 tot 1 m.Gr.

en vervolgens op nieuw gewogen worden. De gewichtsverschillen moeten dan, het eene bijgeteld, het andere afgetrokken worden.

Ook de aluinaarde die, zooals boven vermeld is, na de smelting van het residu van het zoutzure of het zwavelzure aftreksel met soda, in waterige oplossing verkregen en daaruit afgescheiden en gewogen is, moet op kiezelzuur onderzocht worden, door behandeling met fluorwaterstofzuur en zwavelzuur, en herweging na gloeiing.

Het phosphorzuur werd bepaald in eene hoeveelheid van 10 of 25 gram der aarden, door uittrekking met salpeterzuurhoudend zoutzuur, verwijderen van eenig kiezelzuur, neerslaan met ammoniummolybdaat, omzetten in magnesiumzout.

Bij de bepaling van het gloeiverlies moet men daarop indachtig zijn, dat de pyriet in ijzeroxyde verandert, en dat dit gewichtsverschil in rekening moet gebracht worden, evenals het verlies aan zwavelzuur uit het ijzersulphaat (bij de zure spierklei). Voor eene nauwkeurige bepaling moet men nog onderzoeken of er zwavelzuur wordt teruggehouden uit het ferrisulphaat en uit de verbrande pyriet door de alkalische bases in de aarde.

I, I$_a$, II, III, zijn afkomstig uit het Buitendijksland van den Noordpolder in het IJ [N op de kaart].
IV Uit het IJ, van het voormalig eilandje Buijten-Heijningh.
V Uit het IJ, „ „ „ „ E.

ZURE GRONDEN.

		I^a. Opvolgende lagen van de oppervlakte tot aan 0.5 M.				I. Opvolgende lagen van 0.5 tot 1.5.				Ontbloot door afgraving van de bovenste zes decimeters grond, en aan de inwerking van de lucht en het regenwater blootgesteld.		Veen daaronder gelegen.	Zure aarde uit het IJ (pas drooggelegd).		
		1 Bovenlaag klei niet zuur.	2 Op 0.2 M. klei oerhoudend niet zuur.	3 Op 0.3 M. klei zwak zuur.	4 Op 0.4—0.5 M. spierklei sterk zuur.	3 Op 0.5 M. spierklei zuur.	4 Op 0.75 M. spierklei sterk zuur.	5 Op 1.0 M. spierklei zuur.	6 Op 1.55 M. darg zwak zuur.	II Vroeger op 0.6—0.7 M. thans bovengrond. Spierklei sterk zuur.	III 1 Vroeger op 0.6—0.7 M. thans bovengrond. Spierklei sterk zuur.	III 2 Veen onder III 1 vroeger op 1.2 M. sterk zuur.	IV Veen van het eilandje Buijten-Heijningh sterk zuur.	V Ligte klei van het eilandje E sterk zuur.	
Opgelost door water,	Chloornatrium	Spoor	Spoor	Gering.	0.09	± 0.1	0.2^{5}	—	1.12	weinig	0.06^{1}	1.57	0 76	1.53	$NaCl$
	Zwavelzure kalk	0.09 SO_3 gebonden aan alkalische bases	0 08 SO_3 gebonden aan alkalische bases	0.27	0.43	0.1	1.0	0.8^{8}	0.68	1.1	0.22^{4}	2.05	2.72	1.0	$CaSO_4$
	„ magnesia			0.22	0.36	0.15	1.3^{3}	1.3^{3}	1.33	0.3^{6}	0.20^{5}	0.96	1.32	1.26	$MgSO_4$
	„ kali			0.3 SO_3 gebonden aan alkaliën en sporen Fe_2O_3 en Al_2O_3	0 2	weinig	0.1^{4}	0.23 SO_3 gebonden aan alkaliën en een spoor Fe_2O_3 en Al_2O_3	0.47	weinig	± 0.1	1.20	± 0.5^{5}	weinig	K_2SO_4
	„ natron				0.2		0.0^{7}		1.46			0 68			Na_2SO_4
	„ aluinaarde (norm.)				0.97	spoor	0.6^{3}		0.0	0.1^{3}	0.39	0 71	weinig	0.36	$Al_2(SO_4)^3$
	„ ijzeroxyde (norm.)				0.58		0.6^{2}		0.0		0.15^{7}	0.84	0.72	0.13	$Fe_2(SO_4)^3$
	Zwavelzuur										0.06^{6}	0.14	$FeSO_4$ 0.53 SO_3 0.40	$FeSO_4$ 0.08 SO_3 0.06	SO^3
Opgelost door zoutzuur.	Basisch zwavelzuur ijzeroxyde berekend als $(Fe_2O_3)^3(SO_3)^4$ tot $Fe_2O_3SO_3$	weinig	0.3	2.7 tot 3.2	3.8 tot 4.5	4.3 tot 5.1	4.7 tot 5.7	5.9 tot 7.1	2.2 tot 2.6	5.9 tot 7.1	10.5 tot 12.6	1.2 tot 1.5	—	1.4 tot 1.6	$(Fe_2O_3)^3(SO_3)^4$ tot $Fe_2O_3SO_3$
Opgelost door koningswater.	Pyriet	0.0	0.0	—	0.4^{2}	0.2^{7}	1.6^{5}	4.9^{4}	2.0^{1}	weinig of niets	weinig of niets	0.1^{1}	—	—	FeS_2
	Zwavel	0.0	0.0	—	spoor	weinig of niets	0.5^{7}	0.6^{6}	1.5^{8}	0.1^{3}	0.2^{6}	1.4^{6}	—	—	S
a Opgelost door zoutzuur (grootendeels uit het humaat.) **b** In het onoplosbaar silicaat.	Kalk **a**	0.5^{6}	0.5^{5}	0.3^{2}	0.3	0.3^{5}	0.3^{4}	0.7^{4}	1.5^{6}	0.6	1.1	0.5^{9}	—	0.3	**a** CaO
	Kalk **b**	—	—	—	—	0.1	0.0^{6}	—	—	0.1	—	—	—	—	**b** CaO
a Opgelost door zoutzuur (grootendeels uit het kleisilicaat.) **b** Onoplosbaar in zoutzuur (in het onoplosbare silicaat aanwezig.)	Magnesia **a**	—	—	—	1.0^{6}	1.3	1.3^{3}	—	0.8^{9}	1.5	0.6	0.3	—	0 5^{2}	**a** MgO
	Magnesia **b**	—	—	—	—	0.1	0.1^{8}	—	—	0.2	—				**b** MgO
	Kali **a**	—	—	—	1.1	1.4	1 3^{2}	—	—	3.1	—	0.4	—	0.3^{7}	**a** K_2O
	Kali **b**	—	—	—	—	1.2	1.2^{6}	—	—		—		—		**b** K_2O
	Natron **a**	—	—	—	—	0.3^{5}	0.1^{6}	—	—	0.5^{4}	—			—	**a** Na_2O
	Natron **b**	—	—	—	—	0.2	0.2^{8}	—	—		—			—	**b** Na_2O
	Aluinaarde **a**	5.1	8.9	6.0^{5}	7.8	8.9	7.5	—	3.0	9.4	8.1	0.7	—	—	**a** Al_2O_3
	Aluinaarde **b**	—	—	—	—	7.9	6.2	—	4.8	6.0	—		—	—	**b** Al_2O_3
	IJzeroxyde **a**	4.7	10.8	3.1 tot 2.6	2.8 tot 2.1	3.2 tot 2.4	3.4 tot 2.5	1.3 tot 0.1	0.4 tot 0.0	4.3 tot 3.1	2.6 tot 0.5	2.1 tot 1.9	—	3.7 tot 3.5	**a** Fe_2O_3
	IJzeroxyde **b**	—	—	—	—	0.2	0.36	—	0.0^{6}	0.2	—			—	**b** Fe_2O_3
	Kiezelzuur	—	—	—	—	51.9	45.7	—	20.9	50.5^{5}	—	0.6^{3}		—	SiO_2
	Gloeiverlies	29.0	14.0	19.6	21.4	18.1	21.1	20.0	54.1	15.8^{5}	27.5	83.8	—	3.5	Gloeiverlies.
	Som	—	—	—	—	100.2	99.8			99.9		99.7			
	Water beneden 130° uit de luchtdroge aarde uitgedreven.	11.5	9.0	7.3	9.8	8.5	9.1	8.9	16.3	8.5	9.2	25.5	—	4.7	

I, Ia, II, III, zijn afkomstig uit het Buitendijksland van den Noordpolder in het IJ [N op de kaart].
IV Uit het IJ, van het voormalig eilandje Buijten-Heijningh.
V Uit het IJ, „ „ „ „ E.

ZURE GRONDEN.

		Ia. Opvolgende lagen van de oppervlakte tot aan 0.5 M.				I. Opvolgende lagen van 0.5 tot 1.5.				Ontbloot door afgraving van de bovenste zes decimeters grond, en aan de inwerking van de lucht en het regenwater blootgesteld.		Veen daaronder gelegen.	Zure aarde uit het IJ (pas drooggelegd).		
		1 Bovenlaag klei niet zuur.	2 Op 0.2 M. klei oerhoudend niet zuur.	3 Op 0.3 M. klei zwak zuur.	4 Op 0.4—0.5 M. spierklei sterk zuur.	3 Op 0.5 M. spierklei zuur.	4 Op 0.75 M. spierklei sterk zuur.	5 Op 1.0 M. spierklei zuur.	6 Op 1.55 M. darg zwak zuur.	II Vroeger op 0.6—0.7 M. thans bovengrond. Spierklei sterk zuur.	III 1 Vroeger op 0.6—0.7 M. thans bovengrond. Spierklei sterk zuur.	III 2 Veen onder III 1 vroeger op 1.2 M. sterk zuur.	IV Veen van het eilandje Buijten-Heijningh sterk zuur.	V Ligte klei van het eilandje E sterk zuur.	
Opgelost door water,	Chloornatrium	Spoor	Spoor	Gering.	0.09	± 0.1	0.2^5	—	1.12	weinig	0.06^1	1.57	0 76	1.53	Na Cl
	Zwavelzure kalk	0.09 SO_3 gebonden aan alkalische bases	0.08 SO_3 gebonden aan alkalische bases	0.27	0.43	0.1	1.0	0.8^8	0.68	1.1	0.22^4	2.05	2.72	1.0	$CaSO_4$
	〃 magnesia			0.22	0.36	0.15	1.3^2	1.3^3	1.33	0.3^6	0.20^5	0.96	1.32	1.26	$MgSO_4$
	〃 kali			0.3 SO_3 gebonden aan alkaliën en sporen Fe_2O_3 en Al_2O_3	0.2	weinig	0.1^4	0.23 SO_3 gebonden aan alkaliën en een spoor Fe_2O_3 en Al_2O_3	0.47	weinig	± 0.1	1.20	$\pm 0.5^5$	weinig	K_2SO_4
	〃 natron				0.2		0.0^7		1.46			0.68			Na_2SO_4
	〃 aluinaarde (norm.)				0.97	spoor	0.6^2		0.0	0.1^3	0.39	0.71	weinig	0.36	$Al_2(SO_4)^3$
	〃 ijzeroxyde (norm.)				0.58		0.6^3		0.0		0.15^7	0.84	0 72	0.13	$Fe_2(SO_4)^3$
	Zwavelzuur										0.06^6	0.14	$FeSO_4$ 0.53 SO_3 0.40	$FeSO_4$ 0.08 SO_3 0.06	SO^3
Opgelost door zoutzuur.	Basisch zwavelzuur ijzeroxyde berekend als $(Fe_2O_3)^3(SO_3)^4$ tot $Fe_2O_3SO_3$	weinig	0.3	2.7 tot 3.2	3.8 tot 4.5	4.3 tot 5.1	4.7 tot 5.7	5.9 tot 7.1	2.2 tot 2.6	5.9 tot 7.1	10.5 tot 12.6	1.2 tot 1.5	—	1.4 tot 1.6	$(Fe_2O_3)^3(SO_3)^4$ tot $Fe_2O_3SO_3$
Opgelost door koningswater.	Pyriet	0.0	0.0	—	0.4^2	0.2^7	1.6^5	4.9^4	2.0^1	weinig of niets	weinig of niets	0.1^1	—	—	FeS_2
	Zwavel	0.0	0.0	—	spoor	weinig of niets	0.5^7	0.6^5	1.5^8	0.1^3	0.2^5	1.4^6	—	—	S
a Opgelost door zoutzuur (grootendeels uit het humaat.) b In het onoplosbaar silicaat.	Kalk a	0.5^6	0.5^5	0.3^2	0.3	0.3^5	0.3^4	0.7^4	1.5^6	0.6	1.1	0.5^2	—	0.3	a CaO
	Kalk b	—	—	—	—	0.1	0.0^6	—	—	0.1	—	—	—	—	b CaO
a Opgelost door zoutzuur (grootendeels uit het kleisilicaat.) b Onoplosbaar in zoutzuur (in het onoplosbare silicaat aanwezig.)	Magnesia a	—	—	—	1.0^6	1.3	1.3^2	—	0.8^2	1.5	0.6	0.3	—	0.5^2	a MgO
	Magnesia b	—	—	—	—	0.1	0.1^8	—	—	0.2	—				b MgO
	Kali a	—	—	—	1.1	1.4	$1\ 3^2$	—	—	3.1	—	0.4	—	0.3^7	a K_2O
	Kali b	—	—	—	—	1.2	1.2^6	—	—		—		—		b K_2O
	Natron a	—	—	—	—	0.3^5	0.1^6	—	—	0.5^4	—			—	a Na_2O
	Natron b	—	—	—	—	0.2	0.2^8	—	—		—			—	b Na_2O
	Aluinaarde a	5.1	8.9	6.0^5	7.8	8.9	7.5	—	3.0	9.4	8.1	0.7	—	—	a Al_2O_3
	Aluinaarde b	—	—	—	—	7.9	6.2	—	4.8	6.0	—		—	—	b Al_2O_3
	IJzeroxyde a	4.7	10.8	3.1 tot 2.6	2.8 tot 2.1	3.2 tot 2.4	3.4 tot 2.5	1.3 tot 0.1	0.4 tot 0.0	4.3 tot 3.1	2.6 tot 0.5	2.1 tot 1.9	—	3.7 tot 3.5	a Fe_2O_3
	IJzeroxyde b	—	—	—	—	0.2	0.36	—	0.0^6	0.2	—			—	b Fe_2O_3
	Kiezelzuur	—	—	—	—	51.9	45.7	—	20.9	50.5^5	—	0.6^3		—	SiO_2
	Gloeiverlies	29.0	14.0	19.6	21.4	18.1	21.1	20.0	54.1	15.8^5	27.5	83.8	—	3.5	Gloeiverlies.
	Som	—	—	—	—	100.2	99.8			99.9		99.7			
	Water beneden 130° uit de luchtdroge aarde uitgedreven.	11.5	9.0	7.3	9.8	8.5	9.1	8.9	16.3	8.5	9.2	25.5	—	4.7	

Zure Spierklei op 0.75 M. (Buitendijksland (N) Noordpolder.)

I. N°. 4. **EERSTE ANALYSE.**

Gedroogd bij 130°.	a Water.	b Slap zoutzuur.	c Half zoutzuur.	d Koningswater.	e Zwavelzuur.	f Onoplosbaar.	Som $(a-f)$		Op eenmaal bepaald met Koningswater.	Op eenmaal bepaald met Salpeter en Soda.
CaO	0.28	0.28	0.12	0.11	Spoor	0.05	0.84	CaO		
MgO	0.24	0.60	0.73^5	0.12	0.1	0.06	1.85	MgO		
K_2O	{ 1.34 }				0.48	0.82	2.64	K_2O		
Na_2O	—	—	—	—	—	0.23	± 0.43	Na_2O		
Fe (als FeS_2)				$0.90 = 1.29\ (Fe_2O_3)$			0.90	Fe } = 6.81 Fe_2O_3		
Fe_2O_3	} 0.12	3.16	1.72		0.39	0.19	5.52	Fe_2O_3		
Al_2O_3		1.3	5.31		4.51	1.94	13.12	Al_2O_3		
Na Cl	0.22^5						0.22^5	Na Cl		
P_2O_5		$[0.14^5]$*)					$[0.14^5]$	P_2O_3		
SO_3	1.14	1.0	0.62				2.76	SO_3 } = 6.56 SO_3	} 6.62	} 6.66
S				$1.52\ (= 3.8\ SO_3)$			1.52	S		
SiO_2							47.94	SiO_2		
Gloeiverlies. (Organische stof en eenig hydraatwater). *)							21.7	Gloeiverlies		
Water tot 130° uitgedreven: 7.2 % der luchtdrooge aarde.										
							99.6			

*) aan de tweede analyse ontleend.

TWEEDE ANALYSE (ander monster rijk aan ferrisulphaat).

5 Gram geanalyseerd.

Opgelost in	a Water.	b Half zoutzuur.	c Sterk zoutzuur.	d Koningswater.	Onoplosb. geslibd. e Klei.	f Kleizand (weinig zand.)	Som van $a-f$		Op eenmaal bepaald met Fluorwaterstof.	met Salpeter en Soda.
CaO	0.41	0.20	0.09	0.06	0.04	0.02	0.82	CaO		
MgO	0.44	1.13	0.18	0.02	0.07	0.10	1.94	MgO		
K_2O	0.07^8	1.16	0.16	spoor	0.61	0.66	2.67	K_2O	2.64	
Na_2O	spoor	0.14	spoor	spoor	0.18	0.1	0.42	Na_2O	0.44	
Fe_2O_3	0.25	6.04^5	0.20		0.15^5	0.21	6.86	Fe_2O_3 } = 7.98	} 7.97	} 7.85
Fe (als FeS_2)				0.78 Fe			0.78	Fe } Fe_2O_3		
Al_2O_3	0.19	6.85	0.76	0.11	2.81	3.43	14.15	Al_2O_3	13.51	13.9
Cl Na	0.25^3						0.25	Na Cl		
SO_3	2.20	1.82	0.07				4.09	SO_3 } = 7.71		
S				1.32	afgeslibt in water zwevend		1.45	S } SO_3		
P_2O_5		0.14^5					0.14^5			
SiO_2							45.77			
Gloeiverlies. (Organische stof en eenig hydraat water.) †)							21.1			
Water tot 130° uitgedreven: 9.1 % der luchtdrooge aarde.						Som	100.4^5			

†) Dit cijfer is gezuiverd van den invloed van het zwavelijzer, dat bij de gloeiing tot ijzeroxyde wordt.

TAFEL IV. a.

Waterige aftreksels der Zure gronden.

(Gedroogd bij 130°).

	Zure Spierklei I. 4. Op 0,75 M.						Zure Spierklei Ia. 4. Op 0,4 M.			
	5 Gram geschud met 450 CC. water.		5 Gram tweemalen met 200 CC. water geschud.		25 Gram met 250 CC. water geschud.		5 Gram met ½ liter water uitgespoeld.		10 Gram met 250 CC. water geschud.	
	%	*Aeq.*	%	*Aeq.*	%	*Aeq.*	%	*Aeq.*	%	*Aeq.*
Cl	0.16	0.47	0.17	0.48	0.16	0.47	0.05^6	0.16	0.06	0.17
SO_3	2.20	5.5	2.4	6.0	1.17	2.92	1.61	4.02	1.21	3.02
		Som zuren 6.0		*Som zuren* 6.5		*Som zuren* 3.4		*Som zuren* 4.2		*Som zuren* 3.2
Ca O	0.41	1.46	0.53	1.9	0.29	1.0	0.18	0.64	0.1	0.34
Mg O	0.44	2.2	0.40	2.0	0.24	1.20	0.12	0.60	0.12	0.60
K_2O	0.08	0.17	} 0.2	} ± 0.6	} 0.2	} ± 0.6	} 0.26	} ± 0.7	} 0.23	} ± 0.6
Na_2O	0.14	0.45								
Fe_2O_3	0.25	3 × 0.31	0.30	3 × 0.37	0.07^6	3 × 0.09	0.23	3 × 0.3	0.03	3 × 0.04
Al_2O_3	0.19	3 × 0.37	0.29	3 × 0.38	0.05^5	3 × 0.11	0.29	3 × 0.57	0.40	3 × 0.8
Af voor zuurstof	3.87 0.03	*Som bases* 6.3	4.3	*Som bases* 7.3	2.2	*Som bases* 3.4	2.74^3	*Som bases* 4.5	2.1^5	*Som bases* 4.0
Bases meer in Aequiv.	3.84	.... 0.3	......	.... 0.8	......	.... 0.0	......	.... 0.3	......	.... 0.8

	Zuur veen III_2.				Darg I. 6 op 1.5 M. Zwak zuur.			Zuur veen IV. — Uit het IJ. Eilandje Buiten-Heijningh.	
	25 Gram geschud met 225 CC. water (*a*) en daarna nog uitgespoeld met veel water (*b*).		2.5 Gram met veel water uitgetrokken en afgespoeld.		11 Gram met veel water uitgespoeld.			20 Gram met 250 CC. water gespoeld.	
	a %	*b* %	%	*Aeq.*	%	*Aeq.*		%	*Aeq.*
Cl	[0.95]	0.0	0.95	2.68	0.679	1.912	Cl	0.44	1.3
SO_3	3.12	0.35	3.94	9.85	2.354	5.885	SO_3	3.88	9.7
				Som zuren 12.53		*Som zuren* 7.8			*Som zuren* 11.0
Ca O	0.72	0.08	0.84^5	3.02	0.280	1.00	Ca O	1.13	4.0
Mg O	0.51	0.01	0.32	1.6	0.446	2.23	Mg O	0.44	2.2
Fe_2O_3	} 0.42^3	0.06	0.33^5	3 × 0.42	} spoor		K_2O	} 0.7	± 2.0
Al_2O_3			0.21	3 × 0.42			Na_2O		
K_2O	—	—	0.65	1.39	0.254	0.341	Fe O	0.24	0.7
Na_2O	—	—	1.13	3.64	1.232	3.974	Fe_2O_3 met spoor Al_2O_3	0.29	1.1
			8.4	*Som bases* 12.17	5.245	*Som bases* 7.7^4		7.1	*Som bases* 10.0
			Af zuurstof 0.2		Af zuurstof 0.153			Af zuurstof 0.1	
			8.2		5.09			7.0	
Zuren meer in Aequiv.	......	......	....	0.36 Aeq. = 0.14 % SO_3	....	0.06 Aeq. = 0.02 SO_3	*Zuren meer in Aequiv.*	....	1.0 Aeq. = 0.4 % SO_3

TAFEL IV. b.

Zuurheid der Waterige aftreksels.

Uitgedrukt in % Aequivalenten.

		1 4. Zure klei.		Ia 4. Zure klei.		III 2. Zuur veen.	V. Zure klei.		IV. Zuur veen.		III. 1. Zure klei.	IIa Klei. nog sterker zuur als III. 1.	Aanmerkingen.
		Op 0.75 M.		Op 0.5 M.		Onder III—1.	Uit het IJ eilandje F.		Uit het IJ eilandje Buiten-Heijningh.		vroeger ondergrond op 0.6, thans bovengrond.	Van eene andere plek.	
	Hoeveelheden aarde en water voor de analyse gebezigd.	5 Gram 450 CC.	25 Gram 250 CC.	5 Gram 500 CC.	10 Gram 250 CC.	2½ Gram veel water.	a 25 Gram 500 CC.	b Idem iets dieper gelegen.	25 Gram met veel water uitgespoeld.	25 Gram met 250 CC. geschud.	25 Gram 250 CC.	10 Gram 250 CC.	
De hoeveelheid vrij zuur afgeleid uit de bepaling der zuren en bases.		% Aeq.	% Aeq.	% Aeq.	% Aeq.	% Aeq.	% Aeq.		% Aeq. a	% Aeq. b			Het ijzer is als Fe_2O_3 in rekening gebracht; daar een deel FeO is, is dus het berekende vrije zuur iets te laag, behalve bij IV en V.
	Zuren	6.0	3.4	4.18	3.18	12.53	7.24		11.0	8.6	2.0		
	Bases	6.3	3.4	4.44	4.0	12.17	7.08		10.0	8.6	1.8		
	Meer of minder Aeq. zuur.	—0.3	±0.0	—0.2	—0.8	+ 0.36	+ 0.16		+ 1.0	± 0.0	+ 0.2		
De hoeveelheid vrij zuur afgeleid uit de titratie der zuurheid en de bepaling van het ijzeroxyde en van de aluinaarde.						25 Gram 200 CC.							Aangezien de neutralisatie met H_3N bij de titratie ongeveer plaats heeft, als het ijzeroxyd geneutraliseerd is, zoo is het vrije zuur overal iets te laag berekend, behalve voor IV en V, bij welke het FeO bepaald is.
	Zuurheid door titratie bepaald.		0.27	3.0		1.51	0.80	0.58	2.0	—	1.2	3.3	
	Berekend zwavelzuur aan Fe_2O_3 en Al_2O_3 tot normaalzout.		0.55	2.5^{5}		1.58	0.75*	0.53*	1.1*	0.8*	0.9	2.4	
	Meer of minder Aeq. zuurheid		— 0.28	+ 0.4^{5}		— 0.07	+ 0.05	+ 0.05	+ 0.9	—	0.3	+ 0.9	
	Aequivalent Ferrosulphaat						0.11	0.06	0.7	0.4			
Idem bij eene tweede behandeling met water.				met nog 80 CC. water tweemalen behandeld		met nog meer water behandeld							* Bij deze bepalingen is alleen het Fe_2O_3 in rekening gebracht, omdat ook het FeO bepaald is.
	Zuurheid			0.1 } 0.15 0.05 }		0.32							
	Zwavelzuur aan Fe_2O_3 en Al_2O_3 tot normaal zout			—		0.23							
	Meer aeq. zuurh.					+ 0.09							

TAFEL V.

Analysen van den gelen uitslag in zure klei, en van die zure klei.

Luchtdroog.	1.		2.		3 (a en b).			4.			
	Gele uitslag met ongeveer 1/3 klei nog vermengd. (Geen gips).		Gele uitslag met ongeveer 1/4 klei nog vermengd. (Gipshoudend.)		Gele uitslag met ongeveer 1/4 klei nog vermengd. (Weinig gips.)			**Zure Klei,** zooveel mogelijk van den gelen uitslag bevrijd.			
	pCt.	Aeq.	pCt.	Aeq.	pCt.		Aeq.	pCt.	Aeq.	Aeq.	
					a	b			waterige oploss.	slap zoutz.	
Zwavelzuur											
in Water	0.53	1.3	1.16	2.9	—	21.10	52.8	0.8 SO_3	2.0		SO_3
in slap Zoutzuur	15.4	38.5	20.58	51.4	—			0.64 〃		1.60	
in half sterk Zoutzuur.		Som SO_3 39.8		Som SO_3 54.3			Som SO_3 52.8	0.0 〃			
								Koningswater 0.21 S			S
Kalk											
in Water	weinig		0.72	2.6	0.9	1.03	3.7	0.08	0.28		CaO
in slap Zoutzuur	0.1		0.62	2.2				0.1			
								Half zoutzuur 0.1			
Magnesia											
in Water	weinig		0.07	0.3	0.17	0.18	± 0.3	0.1	0.5		MgO
in slap Zoutzuur	0.3		0.22					0.28			
								Half zoutzuur 0.45			
IJzeroxyde											
in Water	spoor		spoor		spoor			FeO_3 en Al_2O_3 0.16	± 0.75		Fe_2O_3
in slap Zoutzuur	23.0	28.8						2.68		3.35	
in half sterk Zoutzuur	1.6		29.13	36.4	29.4	29.25	36.5	2.56			
Aluinaarde											
in slap Zoutzuur	1.15	2.2	1.9					1.5	bases Som 1.5 **		Al_2O_3
in half sterk Zoutzuur	2.2	Som bases 31.0		3.7 Som bases 45.2	2.0	2.15	4.2 Som bases 44.7	2.9			
Onoplosbare bestanddeelen	32.9		19.95	waarvan 1.35 Fe_2O_3 en Al_2O_3 in sterk zoutz. oplosbaar	21.5	21.45	waaruit door sterk zoutz. opl. 0.27 Fe_2O_3 0.32 Al_2O_3 0.05 CaO 0.11 MgO 0.10 SO_3	52.0	waaruit door Koningswater nog wordt opgelost spoor Fe_2O_3 0.06 Al_2O_3 0.08 CaO spoor MgO		Onoplosbaar
Gloeiverlies *	17.0		16.1 §		17.9 †			21.5			Gloeiverlies
Vochtigheid	4.6		4.8		4.7			8.3			Vochtigheid
Som	98.8		95.2		97.7			94.4			
Overige bestanddeelen	1 2		4.8		2.3			5 6			Overige bestanddeelen
	100.0		100.0		1.00			100.0			

* Organische stof en hydraatwater van het ferrisulphaat. § Het gloeiverlies werd bepaald in de met water en slap zoutzuur uitgetrokken stof. Er was dus reeds eenige organische stof verwijderd. † Het poeder van analyse **a**: (gedroogd bij 150°) levert bij verbranding 3.18 % koolstof = 5 à 6 % organische stof en 11.8 % H_2O. ** Deze som is iets grooter dan 1.5, omdat het aequivalent eener kleine hoeveelheid alkaliën nog daarbij moet geteld worden.

TAFEL VI. a.

Gehalte aan Zwavelzuur, Zwavelijzer, Zwavel.

Uitgedrukt in Aequivalenten [1 Aeq. = 0.40 %]. Zwavel.

Aarde gedroogd bij 100 à 130°.		a Zwavelzuur gebonden aan Alkal. aarden en Alkaliën	b Zwavelzuur aan ijzeroxyd en aluinaarde gebonden.		c Pyriet.	d Zwavel.	Som der Aeq. Zwavel $a+b+c+d$.	Deze som uitgedrukt in % SO_3.	Dezelfde som uitgedrukt in % $Ca\,SO_4$.
		door water opgelost.	door water opgelost †	door zoutz. opgelost.					
Buitendijksland	Bovenlaag............ (I 1)	0.2	0	0.9			1.1	0·4 % SO_3	0.7[5] % $Ca\,SO_4$
van het IJ	Zure klei op 0.3 M. (Ia.3)	1.7	spoor	2.7			4.4	1.7 〃	3.0 〃 〃
(Noordpolder)	Zure klei op 0.5 M. (I 3)	0.5	spoor	4.2	0.9		5.6	2.2 〃 (2.3)*	3.8 〃 〃
—	Zure klei op 0.75 M. (I 4)	3.5	2.0	4.7	5.6	3.4	19.2	7.7 〃	13.1 〃 〃
Opvolgende lagen	Zure klei op 1.0 M. (1 5)	4.0	spoor	5.9	16.6	4.1	30.6	12.2 〃 (12.6)*	20.8 〃 〃
—	Darg op 1.5[5] M. (I 6)	5.9	0	2.1	6.7	9.9	24.6	9.8 〃 (9.7)*	16.7 〃 〃
Naarder Meer	Zure klei onder eene laag rietzodde van 0.8 M (VII.)	4.3	2.7	1.7	1.4	0.0	10.0	4.0 〃	6.8 〃 〃
	Ligte klei idem	1.3	3.4	1 0	1.0	0.0	6.7	2.7 〃	4.6 〃 〃
	Darg idem	4.1	1.3	3.7	5.3	5.3	19.7	7.9 〃	13.4 〃 〃
In het Kehdinger Moor aan de Elbe.	Darg Maibolt (Virchow) = zure Spierklei	4.3			19.7	9.0	33.0	13.2 〃	22.4 〃 〃
Zure kleilaag van het buitendijksland in het IJ, aan de lucht blootgesteld.	Zure klei, vroeger op 0.6 M. thans bovengrond (II)	2.2	0.2	5.9	weinig	0.8	9.1	3.6 〃 (3.7-3.8)*	
	Idem (dargrijker). (III 1)	0.8	1.0[5]	10.5	weinig	1.6[5]	14.0	5.6 〃 (5.7)*	
	Veen onder III 1. (III 2)	6.9	2.9	1.2	0.4	9.1	20.5	8.2 〃	
Laag Blauwe klei op 4 à 4.5 M AP. in het Ned. alluvium.	Haarlemmerm. onder de zure klei	6.5	0.		zeer veel	—	—	—	
	Groningen, bij het Schildmeer op 10 M.	3.25	0.		7.6	0.0	10.8	4.3 〃 (4.3)*	
	Kuhlerde in Kehdinger Moor (onder Maibolt en boven zure klei). (Virchow.)	0.33	0.		6.8	0.0	7.1	2.8 〃	
Diepere lagen in het Ned. alluvium (onder Amsterdam)	Veenachtige klei op 10[2] M. — A.P. (Harting.)	0.0	0.7		11.1	niet onderzocht; dus (als het voorhanden is) in c begrepen.	11.8	4.7 〃	
	Ligte geelgrauwe klei op 17[4] M. — A.P. (Harting.)	0.3	0.		8.3		8.6	3.4 〃	
	Diatomeen klei op 44[2] M. — A.P. (Harting.)	1.3	2.5		14.4		18.2	7.3 〃	

*) Uitkomsten der bepalingen van de geheele hoeveelheid zwavel als zwavelzuur. †) Hierbij is ook het vrije zwavelzuur geteld.

TAFEL VI. b.

Overzicht der Zwavelzuurbepalingen.

ZWAVELZUUR BEPAALD:

A. Na opvolgende behandeling der aarde met water, zoutzuur, koningswater.
B. Na smelting der aarde met soda en salpeter.
C. Na behandeling der aarde met koningswater.

	I4 Eerste monster.		Tweede monster.	I 3	I 5	I 6	II 1	Ia 4		III 1	III 2	Blauwe klei van Schildwolde (Groningen).	
	1	2						1	2				
Achtereenvolgens opgelost door													
A Water	1.16		2.2	0.20	1.61	2.36	0.94	1.21	1.60	0.75	3.94	1.3	
A Slap zoutzuur	1.00	2.77	1.82	1.3	1.44	0.73				2.53			1.45
A Half sterk zoutzuur							2.37	1.97	1.5		0.49		
A Sterk zoutzuur	4.52		0.07	0.41	0.93	0.13				1.67		3.05	
A Koningswater		3.88	3.62	0.37	8.26	6.64 soda en salpeter	0.31	0.55	0.58	0.65	3.78		—
Som	6.6^8	6.6^5	7.7	2.2^8	12.2^4	9.8^6	3.6^2	3.7^3	3.6^8	5.6	8.2^1	4.3^5	—
B Na smelting met salpeter en soda	6.8			2.3	12.6	—	3.8	3.5		5.7	—	4.2^8	—
C Koningswater	6.77			—	—	9.7	3.7^5	—		—			
Verschil tusschen B en A of C en A	+ 0.1	$+ 0.1^6$		+ 0.0	$+ 0.3^6$	$- 0.1^6$	+0.2–0.1	$- 0.2^3$	$- 0.1^8$	+ 0.1		$- 0.0^7$	

TAFEL VII.

IJZERGEHALTE [berekend als Fe_2O_3].

Achtereenvolgens bepaald in de uittreksels met:	IJ-Buitendijksland I a. Zure Spierklei.				IJ-Buitendijksland I (1—6). Zure Spierklei — Darg. I						IJ-Buitendijksland ontbloote zure laag. Zure Spierklei en Veen.			Kehdinger Moor [VIRCHOW] Zure Darg Maibolt II.	II. Zure Spierklei van gelen uitslag bevrijd (zooveel mogelijk).	Vruchtbare nieuwe klei.		Provincie Groningen bij Schildmeer. Blauwe klei.	Kehdinger Moor Blauwe klei. [VIRCHOW].
											II	III 1	III 2			IJ zware klei.	Zuiderzee klei.		
	1 Boven 92	2 op 0.2 M.	3 op 0.3 M.	4 op 0.4–0.5 M.	1 Bovenlaag	2 op 0.2—0.25 M.	3 op 0.5 M.	4 op 0.75 M.	5 op 1.0 M.	6 Darg op 1.5 M.	Bovenlaag — vroeger op 0.8 M.	Bovenlaag — vroeger op 0.8 M.	Veen. onder III 1		als II	pas drooggelegde Bovenlaag	Onder water Bovenlaag	Op 1 M. diepte	Op 1 M. diepte
a Water	0	0	spoor	0.23			spoor	0.25			0.04	0.07[1]	0.33		0.1	0	0	0	0
b Slap zoutzuur							2.83	6.04	3.3			4.6			3.0				
c Half zoutzuur	4.7	10.8	4.7	5.1	6.1	5.3	2.93		1.5	1.72	7.87	4.3	2.88	4.56	2.67	4.72		4.2	4.19
d Sterk zoutzuur								0.20											
e Koningswater (als $Fe S_2$ aanwezig)	—	—	—	0.27	—	—	0.18	1.12	3.3	1.34	0.04	0.04	0.08	3.5	0.03	0.54		1.52	1.94
f In het onoplosbare Silicaat	[± 0.3]	[± 0.3]	[± 0.3]	± [0.3]	[± 0.3]	[± 0.3]	0.2	0.36	± [0.3]	± 0.1	0.2	± [0.3]	0.0	0.0	± [0.3]	0.36		± [0.3]	0.0
Som van $a-f$	5.0	11.1	5.0	5.9	6.4	5.6	6 3	8.0	8.4	3.16	8.1	9.3	3.3	8.06	6.1	5.6		6.0	6.13
op eenmaal bepaald: Koningswater *							6.4 *	8.1 *		3.0 *	8.1 *				6.2 *				
op eenmaal bepaald: Salpeter en soda of fluorwaterstof	—	—	—	—	—	—		8.0	—	3.06	8.0		3.4			5.8	5.1		

IJzer (oxyd) gehalte berekend na aftrek van vochtigheid, gloeiverlies, sulphaten, chloruren en carbonaten.

	Ia 1	Ia 2	Ia 3	Ia 4	I 1	I 2	I 3	I 4	I 5	I 6	II	III 1	III 2	Kehdinger Moor Zure Darg	II. Zure Spierklei	IJ zware klei	Zuiderzee klei	Provincie Groningen	Kehdinger Moor Blauwe klei
Fe_2O_3	7.1	12.6	6.3	7.9	8.3	6.7	7.7	11.0	11.7 ongeveer	8.6	10.0			15.0	7.8	7.0	6.3	7.5	7.4
SiO_2					—	—	65.0	63.1		57.9	63.4			65.4[6]	—	68.5	73.0		73.6
Al_2O_3							21.1	19.0		21.6	19.3			15.4[3]		17.5	14.0		12.8
Som van SiO_2, Al_2O_3 en Fe_2O_3							93.8	93.1		88.1	92.7			95.9		93.0	93.3		93.8
Verhouding van SiO_2 tot Al_2O_3							1: 3.1	1: 3.3		1: 2.7	1: 3.2[8]			1: 4.3		1: 3.9	1: 5.2		1: 5.75

* Bij deze cijfers is het cijfer uit *f* bijgeteld. [ ] Geschatte cijfers.

TAFEL VIII a.

Berekend op Kwarts + Silicaat [na aftrek van opl. zouten, organ. stof, water].

ZURE SPIERKLEI.

	OPLOSBAAR IN Sterk zoutzuur (bij verwarming).				OPLOSBAAR IN		Onoplosbaar.
					Sterk zoutzuur bij verw.	Zwavelzuur.	
	I 3	Ia 4	II	III	I 4		
CaO	0.44	0.4	0.7	1.6	0.5	spoor	0.07
MgO	1.66	1.4	1.9	—	1.85	0.15	0.09
K_2O	1.76	1.5	1.80	—	1.82	0.63	1.12
Na_2O	0.44	—	0.2	—	0.2	0.1	0.3
Fe_2O_3	7.46	7.5	9.7	13.3	10.5	0.24	0.26
Al_2O_3	11.0	10.9	(8.2)[1]) 10.4 tot 11.8[2])	10.7 tot 12.0 [2])	(9.1)[1]) tot 10.3[3])	6.0	2.65

1) Uitgetrokken met minder sterk zoutzuur.

2) Bij herhaalde uittrekking met sterk zoutzuur.

3) Verbeterd cijfer; verkregen door van het gemiddelde cijfer der aluinaarde in zijn geheel af te trekken de in zoutzuur onoplosbare aluinaarde.

TAFEL VIII b.

Kwarts, Silicaat en Minerale bestanddeelen van het humaat

	Zure Spierklei.				Zware IJ-klei.	Klei Zuiderzee N°. 33 Havelaar.	Ligtste zeeklei Wieringermeer.
	I[4]		I[3]	II			
Hoeveelheid kwarts, silicaat, en minerale stof van het humaat, in de op 130° gedroogde aarde.	72.3 %	73.1 %	79.7 %	80.0 %	81.0 %	82 %	81.0 %
SiO_2	63.1	65.6	65.0	63.4	68.5	73.0	79.8
Al_2O_3	19.0 *	18.0	21.1	19.3	17.5	14.0	9.7^{5}
Fe_2O_3	11.0	9.3	7.7 *	10.0	7.0	6.3^{5}	4.2^{5}
K_2O	3.6	3.6	3.2	3.9	3.2	2.9^{5}	2.2
Na_2O	0.6	0.6	0.7	0.6	0.9	0.9	0.9
MgO	2.1	2.2	1.7^{5}	2.1	2 2	2.2	1.7
CaO	0.6	0.7	0.5^{5}	0.7	0.7	0.6	1.4
	100.—	100.—	100.—	100.—	100.—	100.—	100.—
Verhouding van SiO_2 tot Al_2O_3	1 : 3.3	1 : 3.6	1 : 3.1	1 : 3.2^{8}	1 : 3.9	1 : 5.2	1 : 8^{2}
Zwevende klei	63^{3}				56^{8}	Deze klei is ligter dan de IJklei	24^{7}
Bezinkende klei en fijn zand	36^{7}				33^{3}		17^{9}
Grover zand bij zachte slibbing terugblijvend	weinig				9^{9}		57^{4}
	100.—				100.—		100.—


* Het gemiddelde genomen van de twee bepalingen der Al_2O_3 uit de geheele aarde.

TAFEL IX.

Vergelijking van de samenstelling van zware en ligte zeeklei uit het IJ en de Zuiderzee met die van de vier kleisoorten uit het Kehdinger Moor (Virchow).

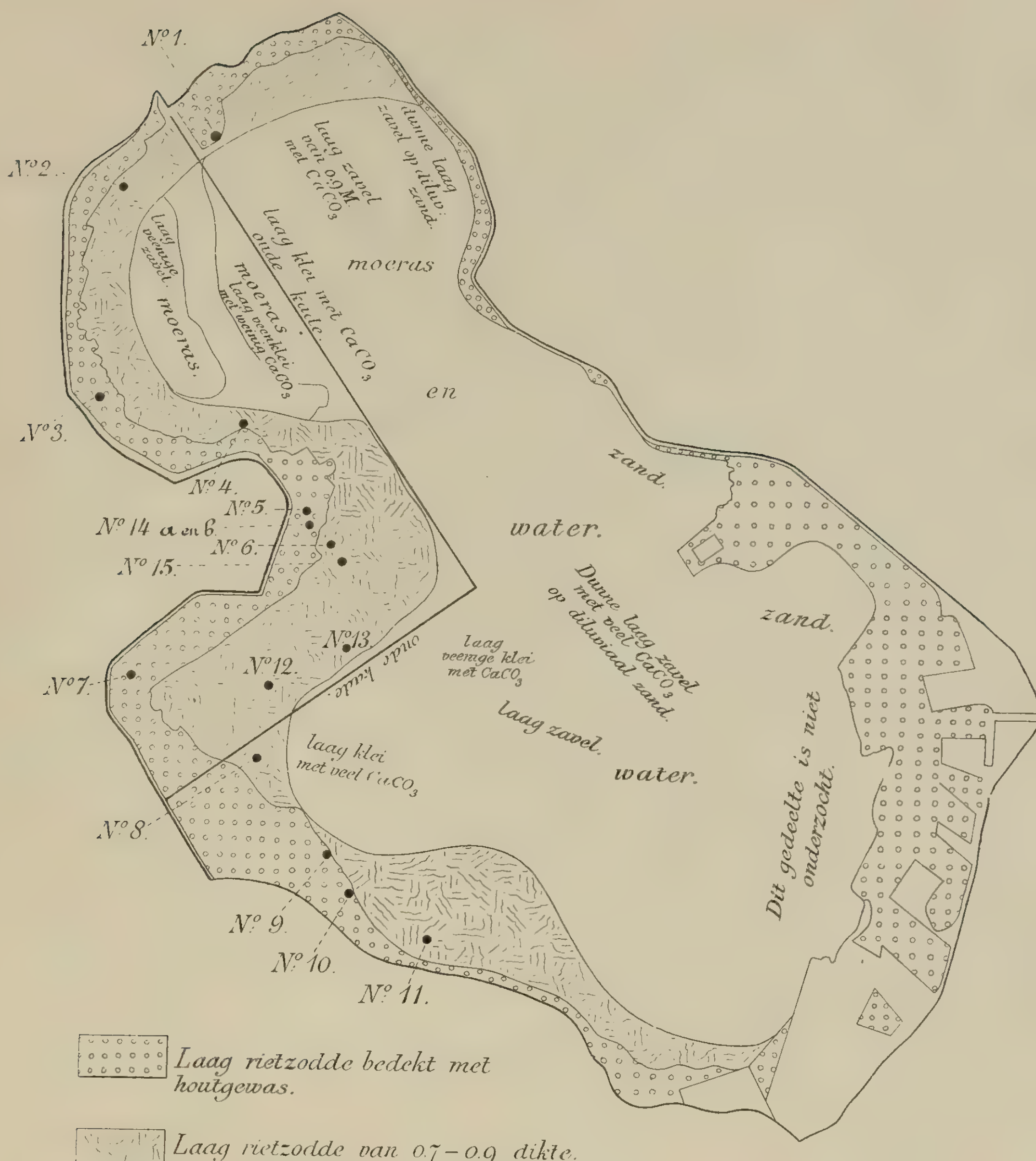
Berekend na aftrek van water, organische stof, chloruren, carbonaten, sulphaten, zwavel.

		v. B. Zure spierklei IJ (Uiterwaard.) I 4	v. B. Versche IJ-klei.	Virchow (IV) Zure spierklei of Darg-Maibolt II.	Virchow (III) Blauwe klei of Kuhlerde.	Virchow (II) Spierklei of Maibolt.	Virchow (1) Spierklei of Darg-Maibolt I.	v. B. Versche zeer ligte klei. Wieringermeer.
IJzer	Als ijzeroxyde berekend	11.0	7.0	15.1	7.4	3.3	4.8	4.2^5
Aluinaarde	in zoutz. opl.	10 3	9.3^5	3.6	3.5	4.2	2.6	3.0^5
	in zwavelz. opl.	6.0	4.9	7.6	6.7	4.5^5	2.7	2.7
		— 16.3	— 14 2	— 11.2	— 10.2	— 8.7^5	— 5.3	— 5.7^5
	onoplosb.	2.6^5	3.2^5	4.2	2.6	3.8^5	5.6	4.0
	Som	19.0	17.5	15.4	12.8	12.6	11.0	9.7^5
Kiezelzuur		63.1	68.5	65.3	73.6	78.4	79.5	79.8
Verhouding van Al_2O_3 tot SiO_2		1 : 3.3	1 : 3.9	1 : 4.3	1 : 5.7^6	1 : 6.2	1 : 7.3	1 : 8.2
Kali	in water en zoutz. oplosb.	1.82	1.5	0.56	0.54	0.47	0.34	0.76
	in zwavelz. opl.	0.63	0.8	0.84	1.01	0.57	0.55	0.35
		— 2.45	— 2.3	— 1.4	— 1.55	— 1.04	— 0.89	— 1.11
	onoplosbaar	1.12	0.9	0.9	1.15	1.41	1.46	1.09
	Som	3.6	3.2	2.3	2.7	2.4^5	2.3^5	2.2
Natron	onoplosbaar in zoutzuur en zwavelz.	0.3	0.5^5	0.6	2.7^4	1.9^3	2.7^4	0.8
Kalk		0.0^7	0.0^8	0.2	0.2^6	0.3^6	0.3^4	0.0^5
Magnesia		0.1	0.1	0.0^3	0.0^7	0.0^6	0.0^5	0.0^7



Lith. Gebr. Reumeringer Amst.

NAARDER MEER.



Schaal 1:25000.

Lith. Gebr. Re…

Kaart III.



Gedeelte van den
HAARLEMMERMEERPOLDER.
met de oude oeverlijnen
van de jaren
1531
1591
1610
1647
1740
ontleend aan de kaart van
Melchior Bolstra, landmeter
van Rhijnland. 1740.
⊕ Plaatsen, waar de onderzochte monsters zure aarde gedolven zijn.
Heemstede
Glip
Bennebroek
't Rotte gat
Oost- einder vaart
Weer- laner beek
Hillegom
Hillegommer beek
Ringvaart
Spaarne tocht
Kruisvaart en weg en kruistocht
weg
tocht
Haarlemmermeer
Haarlemmermeer - polder
Bennebroeker dwarsweg en tocht
ZUUR
NIET ZUUR
N1
N5
I 18
Beynsdorp
De Vennip
Vennipper dwarsweg en tocht
Hoofdvaart
wegen
Nieuwerkerker
Leijdsche - meer
Schaal 1/39653.



Oude kleilagen

Nieuwe kleilagen (zavel)

Diluvium.

Verdronken land. Tusschen 1277 en 1545 weggeslagen en weder aangeslibt. (Dollardklei) Sinds 1545 tot 1865 door bedijkingen weder ingepolderd.

Het lage land. Lage veenen en darg en kleilagen.

Verdronken land. Na de eerste bedijking in 1545 weder teruggewonnen. Dit gedeelte is niet zoo diep weggeslagen als het voorgaande, en dus slechts met Dollardwater beloopen geworden.

Lith. Gebr. Rameringer. Am.

GEDRUKT BIJ DE BOEKVER KRÖBER-BAKELS.

BEOBACHTUNGEN UND BETRACHTUNGEN

ÜBER

WURZELKNOSPEN UND NEBENWURZELN,

VON

M. W. BEIJERINCK.

Veröffentlicht durch die Königliche Akademie der Wissenschaften zu Amsterdam.

MIT SECHS TAFELN.

AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER.
1886.

BEOBACHTUNGEN UND BETRACHTUNGEN

ÜBER

WURZELKNOSPEN UND NEBENWURZELN,

VON

M. W. BEIJERINCK.

Veröffentlicht durch die Königliche Akademie der Wissenschaften zu Amsterdam.

MIT SECHS TAFELN.

AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER.
1886.

INHALT.

Pag.

KAPITEL VI.

Monotropa Hypopitys — Convolvulus arvensis — Solanum Dulcamara — Linaria vulgaris — Orobanche galii.

KAPITEL VII.

Cirsium arvense — Picris hieracioides — Aristolochia Clematitis — Parasitische Phanerogamen und Podostemaceen — Morphologische Uebersicht der Wurzelknospen.

KAPITEL VIII.

Allgemeine Betrachtungen über Knospen und Wurzeln.

BEOBACHTUNGEN UND BETRACHTUNGEN

ÜBER

WURZELKNOSPEN UND NEBENWURZELN,

VON

M. W. BEIJERINCK.

EINLEITUNG.

Da die Knospen- und Wurzelbildung bei den höheren Pflanzen eine Function der Embryonen, der Vegetationspunkte und der Meristeme überhaupt sein kann, so muss man schliessen, dass die dabei thätigen Kräfte von der nämlichen Natur sind, wie diejenigen unter deren Einfluss jedes andere Organ bei der ontogenetischen Entwickelung entsteht. Manche Gefässcryptogamen, man denke z. B. an *Botrychium*, *Selaginella*, *Lycopodium*, zeigen die Richtigkeit dieses Schlusses, denn bei diesen Pflanzen ist der ganze Entwickelungskreis oft mit grosser Strenge normirt; jeder Zweig und jede Wurzel besitzt eine ebenso genau bestimmte Stelle am Stock wie die Blätter und die Sporangiën, deren Entstehung durch feste morphologische Regeln beherrscht wird, welche nur bei den teratologischen Vorkommnissen gewisse Ausnahmen zulassen.

Dem gegenüber können in anderen Fällen neue Knospen und Wurzeln gänzlich unabhängig vom normalen Entwickelungsgesetze an ausserordentlich verschiedenen Stellen des Pflanzenkörpers plötzlich auftreten, wobei selbst vollständig erwachsene und hoch differenzirte Gewebe zur Sprossbildung Veranlassung

geben können, wie z. B. die weit verbreiteten Callusknospen und die Begonienblätter beweisen. *

Die Natur scheint demnach die einzelnen Factoren der Kräftesumme, welche die Ontogenie beherrscht, und welche durchgehends derweise unzertrennlich zusammenhängt, dass die Organe in einer gesetzmässigen, räumlichen und zeitlichen Anordnung entstehen, aussondern, und an weit von den eigentlichen Entwickelungsheerden entfernten Stellen vereinzelt in Thätigkeit setzen zu können. Daher der Name Adventivbildungen, welchen man gewöhnlich dem Product solcher Thätigkeit beilegt; das Studium derselben verspricht auf Grund der obigen Betrachtung offenbar einigen Aufschluss über die Natur der bewirkenden Kräfte der ontogenetischen Vorgänge.

Die einmal vorhandenen Knospen- und Wurzelanlagen können sich auf vielerlei verschiedenen Weisen verhalten. Wenn dieselben nach Art der übrigen Körpertheile in den Vegetationspunkten angelegt worden sind, so können sie sich entweder unmittelbar entfalten, oder sie treten vorher einen Ruhezustand an, und werden dann in Folge der Ausdehnung der fortwachsenden Theile ihrer Nachbarschaft nicht selten an weit von den Entstehungsorten entfernten Körperstellen hingelegt. Sind es vollständig erwachsene Gewebe welche aufs Neue in bildender Thätigkeit versetzt werden, so können ganz ähnliche Differenzen in Bezug auf die Entfaltung der neu entstandenen Knospen oder Wurzeln obwalten. Dadurch wird es oft sehr schwer zu entscheiden ob in einem bestimmten Falle die erste oder die zweite der beiden Entstehungsweisen vorliegt. Allein in physiologischer Beziehung erscheint diese Entscheidung nicht als besonders wichtig, denn manche Gründe sprechen für die Annahme, dass bei Knospen und Wurzeln, die nämlichen Ursachen, welche ihre erste Entstehung veranlassten, auch bei ihrem späteren Austreiben aus einer ruhenden Anlage im Spiele sind, was besonders durch Vöchting hervorgehoben worden ist.

Dass diese letztere Voraussetzung wirklich berechtigt ist, scheint mir besonders aus der Thatsache hervorzugehen, dass es in gewissen Fällen möglich ist, eine morphologisch schon deutlich bestimmte Organanlage zu einem Organe einer anderen morphologischen Natur auswachsen zu lassen, dadurch, dass man die Factoren, welche für die Entwickelung der ursprünglichen Anlage günstig sein würden in solche umwandelt, welche die Entstehung des neu zu erzielenden Organes fördern oder veranlassen würden. So habe ich gefunden, dass die Steck-

---

* Aus meiner Beschreibung der Einzelfälle der Sprossbildung auf Wurzeln wird man sehen, dass die Wurzelknospen gewöhnlich, allein nicht immer, bestimmten Symmetriegesetzen gehorchen.

linge von *Selaginella Martensii*, *S. Galeottiana* und *S. denticulata* neue Pflanzen hervorbringen, dadurch, dass oberhalb des Bodens eine ruhende Anlage eines Wurzelträgers sich in einen Blattspross umwandelt, während die unterhalb des Bodens befindlichen Wurzelträgeranlagen zu normalen Wurzeln auswachsen. An den Wurzeln von *Rumex Acetosella* fand ich noch merkwürdigere Verhältnisse; dabei gelingt es nämlich, nicht nur Wurzelanlagen zu Sprossen auswachsen zu lassen, sondern selbst junge Sprossanlagen, — welche ihrerseits ursprünglich auf rhizogen Zellen zurück zu führen sind, — nachträglich in Wurzeln umzuwandeln. In dieser Weise gelang es mir die Existenz aufzudecken von Wurzeln, welche an ihrer Basis ein oder zwei Scheidenblätter trugen. „Beblätterte Wurzeln" sind in der Pflanzenmorphologie gewiss etwas Neues.

Es ist klar, dass in diesem und ähnlichen Fällen, in Folge des Eingriffes gewisser äusserer Veränderungen, innere Kräfte ausgelöst werden, welche an und für sich oder in Verbindung mit anderen Kräften für die Entstehung morphologisch bestimmter Organe maassgebend sind. Die Art und Weise wie diese Kräfte dabei arbeiten gehört gewiss auf dem Gebiete der Reize zu Hause und viele Gründe sprechen für die Annahme, dass die ganze Ontogenie auf Nahrungsreize beruht.

Darwin hat in seiner Hypothese der Pangenesis * das allgemeine Prinzip begründet, dass bei der Ontogenie die Entfaltung einer bestimmten Molecülgruppe der lebenden Substanz, — eines „Keimchens", wie er sich ausdrückt — als nothwendige Folge die Entfaltung einer anderen genau bestimmten Molecülgruppe nach sich zieht. Irgendwo, z. B. bei der Samenkeimung muss der Process aber anfangen unter dem Einfluss von äusseren Reizen, und in Bezug auf ihre nächste Umgebung kann man auch von den Adventivbildungen sagen, dass ihre Entstehung und Entfaltung unter dem Einfluss solcher äusserer, — in diesem Falle aber aus dem Innern der Pflanze herkünftiger, — Kräfte steht. Im Grunde genommen ist die Ansicht der besten Pflanzenphysiologen, welche über diese Sache geschrieben haben, mit der vorgetragenen Betrachtung stets in Uebereinstimmung gewesen, denn sowohl Duhamel, Knight und de Candolle, wie Mohl und Sachs haben mit grosser Bestimmtheit die Ueberzeugung ausgesprochen, dass die Neubildung von Knospen und Wurzeln eine directe Folge gewisser Veränderungen in den Saftströmungen sein kann, mit anderen Worten, dass diese

---

* Es lässt sich zeigen, dass Darwin's Pangenesis, in modifizirter Form, — nämlich unter Zugrundelegung der Protoplasmatheorie und der Annahme ruhender „Keimchen", — eine logische Consequenz der Variabilstätslehre ist.

*

Organe in Folge der Erregung durch Nahrungsreize des Protoplasma's der Muttergewebe entstehen.

Dass die Entstehung der Sexualsprosse an den Fruchtgehölzen, — und wohl in allen anderen Fällen ebenso, — durch die Saftstömungen regulirt wird, ist die Grundlage des rationellen Schneidens, und wie ausserordentlich gross der Einfluss dieses Vorgehens auf die ganze Oeconomie der Pflanze ist lehren die Formbäume. Für den Botaniker ist die Hauptachse eines solchen Formbaumes ein Sympodium. Vergleicht man damit die *natürlichen* Sympodien der zweizeilig beblätterten Bäume, welche ihre Endknospe abwerfen wie *Corylus Avellana*, oder rudimentär verbleiben lassen wie *Tilia* und *Ulmus*, und ferner die Fächel, Sickel, Wickel, Schraubel und die übrigen dichasialen Blüthenstände mit Endblüthen, so bekommt man den Eindruck, dass der Gärtner in seinen Spalier- und Pyramidbäumen durch das nämlich Mittel die Distribution und Entwickelung der Sexualsprosse regulirt, wie die Natur in unzähligen Fällen, nämlich durch Sympodienbildung. Den Einfluss des sympodialen Baues auf die Saftströmung im Einzelnen nachzuweisen ist schwierig, dass ein solcher Einfluss besteht ist unzweifelhaft.

Nachdem ich die so eigenthümlichen Verhältisse der Wurzelknospen kennen gelernt habe fühle ich mich durchaus nicht veranlasst die oben ausgesprochene Ansicht aufzugeben, und ich erlaube mir das Resultat, wozu ich früher in Folge der Untersuchung der Knospen- und Wurzelbildung aus Blättern gekommen bin, hier noch einmal nieder zu schreiben. So wohl an Blättern wie an Stengeln und Wurzeln lässt sich in einer grossen Anzahl von Fällen ein deutlicher Zusammenhang nachweisen zwischen der Stellung des Xylems und der Stellung der Knospen, nämlich in dem Sinne, dass die Knospen sich dort bilden und befinden, wo die Wirkung der aufsteigenden Strömung, welche Wasser und Salze anführt, und besonders im Xylem statt findet, sich auf eine eigenthümliche Weise auf das benachbarte Gewebe äusseren muss, wie z. B. an unversehrten Stengelspitzen, an den Spitzen von Stengel- und Wurzelstücken, in Blattachseln, in den Eckpunkten der Nervenverzweigungen der Blattspreiten und in den Ansatzstellen der Seitenwurzeln, — alle, erfahrungsgemäss, für die Knospenbildung besonders geeignete Stellen. Da die Stengelorgane der höheren Pflanzen besonders der Bäume sich ähnlich wie die Wurzeln durch Druckkräfte auszeichnen, welche das Wasser leichter von unten nach oben wie von oben nach unten fortbewegen, muss sich in einem abgeschnittenen Stengel- oder Wurzelstück ein Gegensatz in Bezug auf die Wirkung des Wasserstromes in Basis und Spitze vorfinden, welcher als Reiz oder als Reizursache fungiren kann, und darauf mag die besondere Disposition zur Knospenbildung beruhen, welche in den Geweben, wo der Wasserstrom sich

hinbewegt wachgerufen wird. Herrn WAKKER gelang es zu zeigen, dass man durch das Anbringen künstlicher Veränderungen im Wasserstrom, die Entfaltung der Blattknospen von *Bryophyllum calycinum* willkürlich hervorrufen kann.

In Bezug auf die Wurzeln ergibt sich, dass diese, gleichgültig ob sie an anderen Wurzeln, an Stengeln oder an Blättern entstehen, sich beinahe immer endogen * entwickelen und zwar, aus den Organen mit primärer Structur, — Wurzeln, Stengeln, Blättern, — aus dem Pericambium des Centralcylinders sammt oder ohne Mithülfe der nächst benachbarten Schicht der primären Rinde; in secundären Geweben dagegen aus den äusseren Cambiform- oder Phloëmschichten und dem nächst daran grenzenden parenchymatischen Gewebe; also in jedem Falle in der unmittelbaren Nähe des Weges, welcher von dem niedersteigenden Saftstrom, der die plastischen Nahrungsstoffe, wie Kohlenhydrate und Eiweiss distribuirt, verfolgt wird. Da in Folge dieser Strömung in abgeschnittenen Stengelstücken an der Basis, und an abgeschnittenen Blättern unten am Blattstiel eine starke Anhäufung der Nahrungsstoffe zu Stande kommt, und es eben diese Stellen sind welche sich für die Wurzelbildung besonders eignen, darf man schliessen, dass die Wurzelentwicklung erregt wird durch einen, in das zur Wurzelbildung geeignete Gewebe sich ergiessenden Nahrungsstrom.

Ein solcher Strom kann wohl nichts anderes wie mit Nährstoffen beladenes, seine Last von Zelle zu Zelle übertragen des Protoplasma sein, † und bekanntlich hat HUGO DE VRIES den Beweis geliefert, dass das rotirende Protoplasma wirklich als Träger und Beweger der Nährstoffe aufgefasst werden kann.

Dass eine solche Regulirung der Knospen- und Wurzelentwicklung, wie die hier ausgesprochene, eine für die Pflanzen durchaus nützliche ist, ist deutlich. Die Knospen müssen nämlich einen grünen Zweig erzeugen für deren Hauptfunctionen, die Kohlensäurezerlegung und die Transpiration, eine gesicherte Verbindung mit dem Wasserleitungssystem der Pflanze nothwendig ist. Würde sich nun eine bessere Einrichtung denken lassen, als eine solche bei welcher ein bestimmter Einfluss dieses Wasserstromes selbst, die Entstehung neuer Knospen beherrscht? Die Wurzeln dagegen, welche in Bezug auf die grünen Theile gewissermaassen als farblose Parasiten betrachtet werden können, müssen vor Allem so gestellt sein, dass sie leicht aus dem Strome der plastischen Nährstoffe

---

* Exogene Adventivwurzeln an Stengelorganen findet man bekanntlich bei *Neottia Nidusavis*, ferner wie ich gefunden habe, bei vielen Cruciferen und bei den Orobanchen. Auch die Wurzelträger der Selaginellen sind hierher zu rechnen. Die beinahe exogenen Wurzeln vieler Crassulaceënstengel, entstehen eigentlich aus den Seitenknospenmeristemen.

† Das Protoplasma selbst verlässt seine Zelle bekanntlich niemals.

schöpfen können. Auch hier scheint es desshalb eine nützliche Einrichtung, dass diese Strömung selbst, die Entstehung und Entfaltung der Wurzelanlagen regulirt. —

In Bezug auf die Stellung der Wurzelknospen an ihren Tragwurzeln habe ich mehrere scharf verschiedene Fälle aufgefunden, welche man unten beschrieben und am Ende von Kapitel VII übersichtlich zusammengestellt finden wird. Bei aller Veränderlichkeit in dieser Beziehung gelang es mir doch eine Hauptregel zu finden, welche in den verschiedensten Familien zurückkehrt und als der Ausdruck der eigentlichen typischen Stellung der Wurzelknospen betrachtet werden muss. Diese Regel besteht darin, dass die Wurzelknospen in der unmittelbaren Nachbarschaft oder auf der Basis von den Seitenwurzeln vorkommen. Seitenwurzel und zugehörige Knospen lassen sich demzufolge mit einem gewissen Rechte vergleichen mit Embryonen, — wir werden aber sehen, dass dieser Vergleich von keiner physiologischen Bedeutung ist. Dass die genannte Stellung für die Knospen und desshalb für die ganze Planze eine nützliche ist, lässt sich nicht bezweifelen.

So weit mir thunlich war bin ich bei meiner Untersuchung der Wurzelknospen bis auf die Keimpflanzen zurückgegangen, was in manchen Fällen mit Schwierigkeit verbunden ist wegen der oft vorkommenden ziemlich grossen oder selbst vollständigen Sterilität der Pflanzen, welche diese Knospen erzeugen.

Die Entwicklungsgeschichte der Wurzelknospen lässt sich nur sehr schwierig direkt beobachten, in den allermeisten Fällen lässt sich aber aus einer genauen Betrachtung der anatomischen Verhältnisse, selbst erwachsener Zustände, eine vollständige Aufklärung in dieser Beziehung erreichen, was man aus vielen meiner Figuren, wie ich glaube sofort sehen wird. —

Durch meine Beobachtungen über die Wurzelknospen wurde ich von selbst auf das Studium des umgekehrten Verhaltens, nämlich der Wurzelbildung aus Stengelorganen, geführt. So lange man nur wenige Beispiele in dieser Beziehung kennt, hat es den Anschein als ob die Stellung dabei im Allgemeinen regellos ist. Je mehr man sich aber mit der Sache vertraut macht, dessto mehr sieht man, dass in dieser Beziehung, erstens eine gewisse Beeinflussung von den Blättern ausgeht, und, dass zweitens eine ähnliche Regel obwaltet, wie diejenige betreffs der Knospenanordnung in Bezug auf die Seitenwurzelinsertionsstellen, nämlich eine Bevorzugung der Wurzelbildung in der Nähe der Seitenknospen. Betrachten wir zuerst das Verhältniss zwischen den Blättern und den Wurzeln etwas näher.

In vielen Fällen ist nicht daran zu zweifeln, dass die Blätter einen begünstigenden Einfluss auf die Entstehung der Wurzeln ausüben. Besonders deutlich

ist dieses in denjenige Fällen, wo die Blätter als Stecklinge benutzt, aus ihren Stielen Wurzeln erzeugen, denn in diesem Falle können keine andere Einflüsse bei der Wurzelbildung im Spiele sein als solche, welche nur durch die Blätter selbst bestimmt werden. Die Gärtner wissen, dass einer ganzen Menge von Blättern dieses Vermögen innewohnt. Am meisten bekannt sind in dieser Beziehung die Blätter, welche bei Stecklingsversuchen im Stande sind Knospen zu erzeugen, wie diejenigen von gewissen Droseraceën, Crassulaceën, Begoniaceën und Gesneriaceën. Allein auch ein ganze Reihe von Blättern, von welchen man nicht annehmen kann, dass sie jemals Knospen tragen oder getragen haben, sind mit Wurzeln beobachtet, — ich erinnere hier z. B. an die Blätter von Hopfen, Bohnen, gewissen Kohlarten, der Balsaminen, der Melastomaceën und vieler anderen Pflanzen.

Gewöhnlich brechen die Wurzeln in solchen Fällen aus den Wundflächen hervor und die anatomische Untersuchung ergibt, dass dieselben mit der Aussenseite des Centralcylinders zusammenhängen, aus dem Pericambium entstehen und die Endodermis und die Rinde durchbohren müssen um nach aussen zu kommen.

Es sind jedoch durchaus nicht allein die Wundflächen aus welchen die Blätter Wurzeln erzeugen; manchmal sieht man dieselben über die ganze Rückenfläche des Blattstieles zerstreut, und ich fand an einer feuchten Stelle auf einer Haide eine ganze Menge zu Boden liegende Blätter von *Galium saxatile*, welche alle aus der Mitte ihrer Rückennerven eine Wurzel getrieben hatten, womit sie am Boden befestigt waren.

In allen diesen Fällen ist es die Entfernung von der Mutterpflanze, welche offenbar ein begünstigender Einfluss für die Wurzelbildung darstellt, und es ist wohl nicht zweifelhaft, dass es Nahrungsreize sind, welche dadurch ausgelöst werden und als primäre Ursache der Erscheinung betrachtet werden müssen. Stets ist es die plastische Nahrung, welche an denjenigen Stellen, wo sie sich anhäuft oder hinbewegt eben durch die Accumulation oder Bewegung das Signal zur Neubildung der Wurzeln angibt.

Wie verhält sich nun aber die Sache bei den noch mit der Mutterpflanze verbundenen Blättern? Lässt sich dabei ein Zusammenhang zwischen deren Stellung und den Entstehungsörtern der Nebenwurzeln nachweisen? Für die fascial entstehenden Nebenwurzeln ist es natürlich nicht zweifelhaft, dass ein solcher Zusammenhang wirklich existirt, denn der Gefässbündelverlauf wird in erster Linie durch die Blattstellung geregelt. * Für die interfascialen Ne-

---

* Bei der Entstehung von Seitenwurzeln aus anderen Wurzeln liegen offenbar ganz besondere Einrichtungen vor, zur Sicherung des regelmässigen Verlaufes dieses Processes.

benwurzeln, welche die allgemeineren sind, lässt sich ein solcher direkter Zusammenhang nicht nachweisen; sie treten, wie es scheint ordnungslos aus der Oberfläche des Centralcylinders hervor, und dabei sicher nicht abhängig von der Gefässbündelanordnung in demselben, also auch nicht, oder wenigstens nicht direkt, von der Blattstellung.

Die so ausserordentlich allgemeine nodale Stellung der Nebenwurzeln, wird nach meiner Ansicht, wenigstens der Hauptsache nach durch die Nachbarschaft der Seitenknospen beherrscht, und nicht durch diejenige der Blätter.

Nach alle diesem scheint es mir nicht zweifelhaft, dass der Zusammenhang zwischen Blättern und Nebenwurzeln, überall wo derselbe vorkommt, einfach auf Nahrungsreize beruht, derweise, dass die Phloëmbündel, welche den aus den Blättern kommenden plastischen Nahrungsstrom leiten, an denjenigen Stellen, wo sie am kräftigsten sind und mit, von höher liegenden Blättern kommenden Bündeln verschmelzen, das unmittelbar benachbarte Gewebe (so wie gewisse ihrer eigenen Gewebezellen) besonders zur Wurzelbildung befähigen.

Ein solcher sofort sichtbarer Zusammenhang ist aber durchaus keine ausnahmslose Regel, andere Symetrieverhältnisse sind in dieser Beziehung gewöhnlich viel wichtiger; der Nachweis derselben ist aber bisher nur in einzelnen Fällen gelungen. Ein unbekannter Einfluss, welcher von den Seitenknospen ausgeht, ist sicher eines davon. Die genaue Untersuchung zahlreicher Fälle führt nämlich zur Ueberzeugung, dass die Entstehung der Nebenwurzeln in naher Beziehung zur Seitenknospenbildung sein muss, derweise, dass die letztere die erste veranlasst oder fördert, und, dass in Folge dessen die Nebenwurzeln sehr allgemein in der unmittelbaren Nachbarschaft der Knospen oder aus diesen selbst entspringen. Besonders interessant scheint es mir, dass die Rhizocarpeën die Equiseten und die Lycopodiaceën ohne Ausnahme diesen Zusammenhang aufzeigen: bei *Marsilia*, *Pilularia* und *Azolla* sitzen die Wurzeln neben und auf der Basis der Seitenzweige bei *Lycopodium* und *Selaginella* an den Eckpunkten der Dichotomiestellen, bei *Equisetum* nur an der Basis rudimentärer oder wohlausgebildeter Seitenknospen. Für sehr viel Monocotylen bin ich zu einem ähnlichen Resultat gelangt, obschon die Sache sich dabei nicht in so wenigen Worten zusammenfassen lässt. Und so ist es ebenfalls für die Dicotylen. Bei wenigstens ein und zwanzig, und wahrscheinlich noch viel mehr Familien dieser Klasse, ist der Zusammenhang zwischen Nebenwurzeln und Seitenknospen sofort einleuchtend durch deren relative Stellung, denn die Nebenwurzeln sitzen dabei: entweder an der Basis der Knospe selbst (Crassulaceën) — unmittelbar unterhalb und neben denselben in der Blattachsel (Rosaseën) — direkt oberhalb der Knospen (Cruciferen) — auf den Knoten den Knospen ganz nahe (Scrofulariaceën) —

oder sie durchbohren die Blattbasis unterhalb der Knospe und scheinen aus dem Blatte zu entstehen (*Adoxa*, *Mühlenbeckia*). Hier will ich aber nicht in weitere Einzelheiten treten, welche sich nicht kurz beschreiben lassen, sondern mich darauf beschränken die Namen der übrigen in Betracht kommenden Familien einfach anzuführen, es sind die folgenden: die Leguminosen, Ampelideen, Saxifragaceen, Oxalideen, Berberideen, Caryophyllaceen, Aristolochiaceen, Menispermaceen, Paronychiaceen, Portulacaceen, Cacteen, Asclepiadeen, Solaneen, Acanthaceen, Primulaceen, Campanulaceen, Lobeliaceen, Ericaceen (in weiterem Sinne). Aus einer grossen Zahl der hier nicht genannten Familien vermag ich wenigstens einzelne Beispiele für meine Regel anzuführen. Ich muss hierzu nun noch bemerken, dass man nicht bei jeder willkürlichen Art aus den genannten Familien (mit Ausnahme der Cruciferen, Crassulaceen und Ericaceen, für welche die Regel wahrscheinlich strenge Gültigkeit besitzt) den Zusammenhang zwischen Knospen und Nebenwurzeln beobachtet, allein es kann nicht befremden, dass eine so wichtige Function wie die Wurzelbildung, welche noch für so viele andere äussere und innere Factoren (Licht, Feuchtigkeit, Schwere, Nährstoffströmungen) ausserordentlich empfindlich ist, oft zu Stellungsverhältnissen Veranlassung gibt, wobei dann der eine, dann wieder ein anderer dieser Factoren den Durchschlag gegeben hat.

Auch darf nicht übersehen werden, dass es möglich scheint, dass Verwachsungen oder Verschiebungen zu scheinbaren Ausnahmen der Hauptregel veranlassen können. Wenn VAN TIEGHEM's Ansicht, dass die Ophrydeenknolle ein der Länge nach zusammengewachsenes Wurzelbündel ist, richtig ist, kann man an die Möglichkeit denken, dass Aehnliches in anderen Fällen vorkömmt. Um ein Beispiel zu nennen errinnere ich daran, dass *Galium Mollugo* (welche 8 Blätter auf jedem Knoten trägt wovon 2 mit Achselknospen) rechts und links neben jeder Knospe, ein wenig unterhalb deren Insertionsstellen aber oberhalb der Knotenanschwellung eine Nebenwurzel erzeugen kann. Bei *Galium baldense* stehen dagegen nur zwei Nebenwurzeln mitten zwischen den opponirten Knospen und etwas höher inserirt wie diese. Könnte man sich hier nicht versucht fühlen eine Wurzelverwachsung anzunehmen, um von der vierzeiligen Stellung von *Galium Mollugo* zu der zweizeiligen von *Galium baldense* zu kommen? Dass eine Blattverwachsung bei den Galien existirt, wird von allen Systematikern anerkannt. — In Bezug auf den möglichen Einfluss von Verschiebungen erinnere ich an die Equisetenknospen, welche gelehrt haben, wie vorsichtig man sein muss um aus dem Orte des ersten Sichtbarwerdens eines Organes zu schliessen auf die Stelle, wo das Mutterorgan die erste Anlage der Neubildung vorbereitet hat.

Aus der, für die Stellung der Wurzelknospen gefundenen oben erwähnten Haupt-

regel, geht, in Verbindung mit dem Schluss wozu wir eben in Bezug auf die Nebenwurzelstellung gelangt sind, unzweideutig hervor, dass zwischen Wurzel- und Knospenbildung eine gegenseitig fördernde Correlation existirt. Durch diese einfache Regel werden also scheinbar sehr heterogene Eigenschaften der Pflanzen unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt gebracht. — —

Es war anfangs mein Vornehmen bei jedem zu besprechenden Specialfalle der Wurzelknospen eine ausführliche anatomische Beschreibung der dabei in Betracht kommenden Wurzeln voraus zu schicken, und das Material dazu war schon zusammengebracht und bearbeitet; diesen Plan habe ich aber aufgegeben, da die feineren anatomischen Détails für die Hauptsache doch jedenfalls vorläufig als gleichgültig betrachtet werden müssen; kurze Hinweisungen auf die groberen anatomischen Verhältnisse werden für meinen Zweck genügen.

Bei diesen anatomischen Untersuchungen war ich schon vor einigen Jahren zu der Ueberzeugung gelangt, dass nicht nur der Stengel der Monocotylen, was durch FALKENBERG schon früher gezeigt und durch MANGIN bestätigt war, sondern auch derjenige der Gefässcryptogamen und der Dicotylen, eben so wohl einen Centralcylinder besitzen wie die Wurzeln, und, dass dieses Organ selbst in den Blättern vorkommt und hier oft direct sichtbar ist; ich habe dieses im Jahre 1885 in meiner Beschreibung der Galle von *Cecidomyia Poae* an *Poa nemoralis* ausgesprochen.

Auch VAN TIEGHEM ist in der letzten Zeit zu diesem Schlusse gekommen und hat darauf, früher wie ich, nämlich in seinem *Traité de botanique*, vom Jahre 1884, mit Nachdruck und voller Klarheit hingewiesen; auf seine Angaben bin ich aber erst aufmerksam geworden durch das Lesen der interessanten Abhandlung seines Schülers MOROT, *Recherches sur le Péricycle*, worin die Allgemeinheit des Vorkommens der Endodermis und des, mit dem Pericambium der Wurzel homologen Perizikels im Stengel und in vielen Blattstielen ausführlich nachgewiesen wird. Ich bin auf die Erwähnung dieser Einzelheiten eingetreten weil ich die Entdeckung des Centralcylinders in allen Organen der Pflanze, für einen sehr wichtigen Fortschritt der eigentlichen vergleichenden Pflanzenanatomie halte, welcher für die Systematik und Morphologie ausserordentlich viel verspricht. Das Maass der inneren Verwandtschaft zwischen Blättern, Stengeln und Wurzeln ergibt sich besser wie durch irgend eine andere Eigenschaft, aus dem Vergleich ihrer Centralcylinder, und die Structurverhältnisse der abnormen Dicotylenstengel, der Knollen und Rhizome, treten durch die neue Betrachtungsweise in ein helles Licht.

Bei meinen eigenen Beschreibungen werde ich das Wort Perizikel in dem von VAN TIEGHEM und MOROT daran gegebenen Sinne oft gebrauchen; es kann aber auch in vielen Fällen mit voller Richtigkeit durch „Pericambium" erzetzt werden, und da ich diese Abhandlung sachlich schon ganz fertig hatte, lange bevor

Morot's Arbeit erschienen war, fand ich nicht überall Anleitung meine ursprüngliche Schreibweise Pericambium in Perizikel umzuändern.

Es darf bei dieser Betrachtung nicht vergessen werden, dass Hanstein in seiner sogenannten Plerom-Periblemtheorie eigentlich schon lange vor Falkenberg, van Tieghem und mir, essentiell die Allgemeinheit des Vorkommens des Centralcylinders in den Stengeln ausgesprochen hat, und dass auch Famintzin, in seinem Versuche die Keimblätter des Thierreiches in den höheren Pflanzen, z. B. in den Blättern von den Papilionaceen nachzuweisen, offenbar von einem ähnlichen Gedankengange durchdrungen war. — —

Die Freiheit welche ich bei der Entstehung der Wurzelknospen beobachtete, musste mich, wie so viele andere Forscher vor mir, veranlassen die Frage zu stellen ob alle lebende Zellen einer Pflanze betrachtet werden müssen fähig zu sein das Ganze zu reproduziren, und durch welche besondere Eigenschaften das Protoplasma der *speziell* für die Reproduction bestimmten Gewebe und Zellen sich auszeichnet. Da ich aus meinen eigenen Beobachtungen gelernt habe, dass die Oberfläche der primären Rinde der Wurzeln von *Aristolochia Clematitis*, und der secundären Rinde der Wurzeln von *Ailanthus glandulosa*, an jedem Punkte Knospen zu erzeugen vermag, — da dieses ferner ebenfalls zutrifft für die Blätter und Stämme gewisser Begonien, und für die Trichome der Rhizoide von *Psilotum triquetrum*, so glaube ich dass die Reproductionsmöglichkeit für alle Punkte der Oberfläche der Pflanzen feststeht. Was nun ferner das Innere betrifft, habe ich gesehen, dass die dicken Stengel gewisser Kohlsorten, z. B. des Kuhkohls, durch Zerreissung eine Markhöhlung ausbilden, dass sich ringsum diese, aus dem Parenchym, ein Cambiumcylinder differenziren kann, * welcher nach *aussen* secundäres Holz, nach *innen*, der Höhlung zugekehrt, secundäre Rinde mit Phloëmbündeln erzeugt und dass aus der Oberfläche der letzteren schöne, fusslange Wurzeln entstehen können, welche frei in der Markhöhlung hangen. Obschon ich nun in diesem Falle nicht direct Knospenbildung beobachtete, zweifle ich auf Grund der genannten Wahrnehmung nicht an die Möglichkeit dazu, und halte darum auch die Markzellen für befähigt eine neue Pflanze zu erzeugen. Für das innere der secundären und primären Rinde liegen die Verhältnisse noch viel offener da, und ich werde darauf wohl nicht weiter hinzuweisen brauchen; überdies wird man unten mehrere Beispiele beschrieben finden.

Die Berechtigung zur Annahme, dass jede lebende Zelle die ganze Pflanze vergegenwärtigt und neu erzeugen kann, führt, wie schon gesagt, zur weiteren Frage auf welchen elementaren Eigenschaften es beruhe, dass gewisse Gewebe und

---

* Die Form der Höhlung ist gleichgültig, alle Punkte des Markes können Cambium erzeugen.

*

Zellen diese Fähigkeit in einem so ausgeprägten Maasse besitzen, während sie in anderen Fällen nur theoretisch nachweisbar ist. Hier glaube ich, dass eine Hilfshypothese nützlich sein kann. Da die Kerne in allen Zellen der Pflanze identisch zu sein scheinen, nicht aber das Cytoplasma, so dürfte die Reproductionsmöglichkeit auf der Gegenwart des Zellkernes, die Reproductionsleichtigkeit auf der Beschaffenheit des Cytoplasma's beruhen. —

Wittrock hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Pflanzen mit Wurzelknospen beinahe ausschliesslich in einem festen, nährhaften Boden gefunden werden. Anderseits ist es bemerkenswerth, dass so viele Arten darunter eine entschiedene Neigung zur Apogamie, das heisst zu einer verminderten Sexualreproduction besitzen. Düsing's Untersuchung macht es wahrscheinlich, dass zwischen diesen beiden Eigenthümlichkeiten ein gewisser Zusammenhang besteht, nämlich in so weit, dass eine sehr kräftige Ernährung im Embryonalleben oder im Knospenleben die Sexualität überflüssig macht, und das grosse Contingent welches die Culturpflanzen in einer Liste der apogamen Formen aufzuweisen haben, beweist die Richtigkeit dieses Schlusses auf schlagender Weise. * Da es nun wohl als sicher betrachtet werden kann, dass die Knospenbildung auf Wurzeln eine Aeusserung sehr kräftiger Nahrungsvorgänge ist, ist es einigermaassen begreiflich, wesshalb eben die Pflanzen mit Wurzelknospen die Sexualität besser entbehren können wie andere Arten. Natürlich lässt sich diese Argumentation auch auf diejenigen Arten, welche sich auf anderen Weisen stark vegetativ vermehren, anwenden, und die Erfahrung ist hiermit in Uebereinstimmung.

Verbindet man diese Betrachtung mit der vorhergehenden, so ist man gezwungen anzunehmen, dass die Zellkerne, während des Wachsthums und der Theilung, etwas verlieren können, was darin, sowohl durch eine kräftige Ernährung, wie durch den Befruchtungsvorgang wieder hineingebracht werden kann. Die Annahme der Existenz constanter Molekülgruppen mit unveränderlichen Eigenschaften (im Sinne von Darwin's Pangenesis), welche die Grundlage von jedem besonderen Organe und von dessen Theilen darstellen, und welche in einer bestimmten Anzahl vorhanden sein müssen um die normale Entwickelung veranlassen zu können, scheint mir zureichend, und allein im Stande solche Aeusserungen des organischen Lebens zu erklären. Bemerkenswerth ist, dass die Sexualorgane, welche, unserer Ansicht zufolge, bei sehr kräftiger Ernährung weniger wichtig werden, dabei auch, — ganz im Gegensatz zu den Vegetationswerkzeugen, — so ausserordentlich leicht verkümmern; die allumfassende Kraft des Nützlichkeitsprinzips tritt hierbei überrasschend zu Tage. —

* Die besseren Varietäten von Gerste und Hafer sind cleistogam, die schlechteren, so wie die wilden Stammformen, befruchten sich zwar gewöhnlich selbst, sind aber phasmogam.

Von allgemeinem Interesse scheint mir der im Folgenden gelieferte Nachweis zu sein, dass viele Wurzelknospen unzweifelhaft metamorphosirte Wurzelanlagen sind, so dass dieser, bisher als seltene Ausnahme angesehener Uebergang, bei einigen Pflanzen sich als ein normaler Bildungsvorgang ergibt.

Das umgekehrte Verhalten, nämlich die Bildung von Nebenwurzelanlagen durch Metamorphose eines Knospenvegetationspunktes dürfte nicht selten sein bei den zahlreichen Pflanzen mit blattachselständigen Nebenwurzeln. Ich glaube diese Umwandlung z. B. bei einigen Crassulaceen sicher beobachtet zu haben, die anatomische Untersuchung bietet aber erhebliche Schwierigkeiten. — Ein solcher plötzlicher Organwechsel an einer bestimmten Stelle der Pflanze scheint auf den ersten Blick, nicht allein in physiologischer Beziehung, sondern vor Allem für die vergleichende Morphologie eine sehr wichtige Erscheinung, denn man konnte meinen, dass derselbe bei der phylogenetischen Entwickelung eine Rolle gespielt hätte wodurch der Nachweis der Homologie erschwert oder unmöglich geworden wäre, indem Theile, welche ihrer inneren Natur nach verschieden waren, an homologe Stellen geführt sein könnten. Allein der beinahe lückenlose Parallelismus in der vergleichenden Morphologie der Organe, sowohl der Wirbelthiere wie bei den Phanerogamen, lehrt unzweideutig, dass die hier betrachtete Unregelmässigkeit nur so selten von Einfluss gewesen sein kann, dass man geneigt ist dieselbe mit der besonderen Natur der Knospen und Wurzeln, welche sich den übrigen Theilen als Reproductionsorgane gegenüberstellen, in Verbindung zu bringen. Um so mehr kann man sich dazu veranlasst fühlen, als auch in anderen Gruppen der organischen Welt (Cölenteraten, Vermes) die Reproductionszellen viel Freiheit in ihrer Stellung besitzen — durchaus nicht immer an homologen Stellen gebunden sind. Dieses dürfte damit zusammenhängen, dass jede lebende Zelle, welche einen normalen Zellkern besitzt, die Möglichkeit in sich tragt das Ganze zu reproduziren, die Natur konnte desshalb, so zu sagen jeden Punkt des Körpers für Reproductionszwecke einrichten. Von diesem Standpunkte aus betrachtet, müssen wir uns eben mehr darüber wundern, dass die Stellung der Reproductionszellen so oft eine homologe ist, als darüber, dass wir in vielen Fällen eine solche Homologie nicht vorfinden. —

Einige andere mit der Lehre der Fortpflanzung und der Descendenz zusammenhängende Probleme, welche sich aus meiner umfassenden Fragestellung von selbst ergaben, habe ich zwar im Folgenden, kurz besprochen, allein eine ausführliche Darstellung derselben konnte hier nicht gegeben werden um diese Abhandlung nicht über Gebühr aus zu dehnen. In DARWIN's unerschöpflichen Werken, in BRAUN's *Polyembryonie* und in DÜSING's *Regulirung der Geschlechtsverhältnisse*, findet man viele dieser Fragen von anderen Gesichtspunkten aus

beleuchtet. Auch in VÖCHTING's *Organbildung* und in seiner interessanten Untersuchung über die Regeneration bei *Marchantia polymorpha* kommen viele wichtige Angaben und Betrachtungen vor, welche die meinigen vervollständigen.

KAPITEL I.

UNTERSCHIED ZWISCHEN CALLUSKNOSPEN UND WURZELKNOSPEN — KNOSPEN UND WURZELN BEI DEN GEFÄSSCRYPTOGAMEN, GYMNOSPERMEN UND MONOCOTYLEN.

§ 1. *Der Unterschied zwischen Callusknospen und normalen Wurzelknospen.*

Schon bei einer oberflächlichen Betrachtung der Wurzelknospen findet man, dass dieselben von zweierlei verschiedenem Ursprung sein können. Es kann nämlich entweder durch äussere Eingriffe entstandener Wundcallus zu ihrer Entstehung Veranlassung geben, oder die Wurzelknospen sprossen, vollständig unabhängig von zufälligen Verwundungen, an mehr oder weniger genau bestimmten Stellen der Mutterwurzel hervor. Die Callusknospen bilden sich am leichtesten aus der Calluswucherung, welche aus Cambium und Weichbast an der oberen (dem Stengel am nächsten gelegenen) Wundfläche abgeschnittener Wurzelstücke bei zahlreichen Dicotylen hervorquillt. Seltener entstehen dieselben aus dem Callus, welcher zufälligen Seitenwunden der Mutterwurzel aufsitzt, noch seltener aus dem Holzparenchym fleischiger Wurzeln. Dieser letztere Fall habe ich bei eingepflanzten Wurzelstücken von *Pastinaca sativa* beobachtet.

Unter dem Begriff normaler Wurzelknospen wünsche ich alle diejenigen aus Wurzeln hervorgehenden Knospen zusammenzufassen, welche vollständig unabhängig von zufälliger Verwundung und bei den normalen Wachsthumsverhältnissen aus dem noch mit der Mutterpflanze verbundenen Wurzeln entstehen. Ein Uebergang zwischen den letzteren und den Callusknospen wird von denjenigen Knospen gebildet, welche bei einzelnen Pflanzen aus lateralen Calluswucherungen hervorgehen. Diese Letzteren bilden sich, besonders bei fleischigen Wurzeln, beim Dickenwachsthum, aus den, an den Durchbruchstellen der Seitenwurzeln vorkommenden Rindenspalten. Ein sehr schönes Beispiel solcher seitlichen Callusknospen habe ich bei *Populus alba* aufgefunden, während *Populus tremula*

und *P. dilatata* normale Wurzelknospen erzeugen. Auch *Geranium sanguineum* und *Brassica oleracea* kann ich hier als Beispiele nennen.

Der Unterschied zwischen normalen Wurzelknospen und Callusknospen ist bisher von den Botanikern nicht mit genügender Schärfe beachtet. Zwar finden sich in TRÉCUL's Abhandlung über die Adventivknospen, * die beiden Knospenformen sorgfältig abgebildet, — und dadurch mag sich erklären, dass selbst practische Gärtner den Gegensatz bemerkt haben, † — in seiner Abhandlung selbst nimmt TRÉCUL darauf aber keinen weiteren Rücksicht. Andere Botaniker — mit Ausnahme von WITTROCK — haben sich, für so weit mir bekannt, durchaus nicht oder nur beiläufig mit dieser Unterscheidung befasst. WITTROCK dagegen gibt in seiner Uebersicht der Wurzelsprosse überall an, ob die Knospen aus der Schnittfläche oder aus den Seiten der Wurzeln entstehen. §

§ 2. *Wurzelknospen bei den Gefässcryptogamen. Veränderung eines Wurzelvegetationspunktes in eine Knospe.*

Wahre laterale Wurzelknospen sind mir bei den Gefässcryptogamen nicht mit Sicherheit bekannt. Zwar findet man bisweilen angegeben, dass *Ophioglossum vulgatum* solche erzeugt, und DUVAL-JOUVE erwähnt das Vorkommen derselben bei *Botrychium Lunaria.* ** Diese Angaben scheinen sich aber nicht weiter bestätigt zu haben.

Dagegen gibt es mehrere Fälle unter den Gefässcryptogamen, bei welchen die Umwandlung eines Wurzelvegetationspunktes in eine Knospe zu Stande kommt. SACHS scheint eine solche Veränderung bei dem Farn *Platycerium Willinkii* beobachtet zu haben, er führt aber keine weiteren Besonderheiten darüber an. Bei *Ophioglossum vulgatum* beruht die vegetative Vermehrung, welche eine sehr ausgiebige ist, ausschliesslich auf der Bildung von Wurzelknospen. Diese besitzen zwar anscheinend eine laterale Stellung, dieselben sind aber aus dem terminalen Vegetationspunkt der Wurzel entstanden. †† Sofort nach ihrer Anlage sprosst aus ihrer Basis eine Nebenwurzel, welche ganz genau in der Richtung

---

* Sur l'origine des bourgeons adventifs, *Annal. d. sc. nat. Bot.*, Sér. 3, Vol. 8, pg. 268. 1847.

† Man vergl. z. B. NEUMANN's *Kunst der Pflanzenvermehrung* (aus dem Französischen), 4e Aufl. pg. 78. Weimar 1877.

§ WITTROCK's Eintheilung der Wurzelknospen in reparate, additionelle und necessäre (*Bot. Centralblatt*, B. 17. 1884), fällt aber nicht mit der meinigen zusammen.

** BILLOT, *Annotations à la Flore de France et d'Allemagne.* 1862, pg. 253.

†† G. HOLLE, Ueber Bau und Entwickelung der Vegetationsorgane der Ophioglosseen. *Bot. Zeit.* 1875, Taf. 3, Fig. 10.

der Mutterwurzel fortwächst und von dieser die ummittelbare Verlängerung darzustellen scheint, weil sie sich auch in Form und Dicke davon durchaus nicht unterscheidet. Bei einer genauen Untersuchung kann man aber den wahren Sachverhalt daraus kennen lernen, dass sich ringsum die Ansatzstelle der neugebildeten Wurzel ein kleiner Gewebering findet, welcher dadurch entsteht, dass eine dünne Rindenschicht der Knospenbasis aus welcher die Wurzel hervorsprosst, von dieser durchbrochen und zur Seite gedrückt wird; diese Gewebeschicht ist aber nicht dicker wie ein oder zwei Zellen, sodass die Wurzel beinahe vollständig exogen entsteht. Im Ganzen verhält sich die Sache so als ob sich an der Wurzelspitze ein Embryo gebildet hat. Es war VAN TIEGHEM welcher diese Entwickelungsgeschichte zu erst beschrieb, * und ich habe seine Angaben bestätigt gefunden.

PFEFFER entdeckte, dass die noch mit der Pflanze verbundenen Wurzelträger von *Selaginella laevigata*, *S. Martensii* und *S. inaequalifolia* unter gewissen Bedingungen zu Zweigen auswachsen können. † Er fand, dass die Entfernung der beiden Gabeläste, oberhalb der Winkel wo die Stengel dichotomiren, das Auswachsen der dort befindlichen ruhenden Anlagen der Wurzelträger zu beblätterten Zweigen begünstigt, und ferner sah er, dass der basale Theil solcher, aus Wurzelträgern entstandener Zweige in mancher Beziehung ein Zwischengebilde zwischen Stengel und Wurzelträger war. Ich selbst fand, dass wenn man Stecklinge schneidet von *Selaginella Martensii*, *S. denticulata* und *S. Galeottiana* und diese in feuchten Sand hineinstellt, die Wurzelträger (*bw'*) unter der Bodenoberfläche in gewohnter Weise auswachsen und Wurzeln bilden (*wt* Fig. 1 Taf. I) während die oberhalb des Bodens vorkommenden Anlagen der Wurzelträger (*bw*) auf der von PFEFFER angegebenen Weise zu Blattsprossen (*bs*) auswachsen. Diese sind sofort grün, — allein dieses gilt auch für die gewöhnlichen oberirdisch entstandenen Wurzelträger, — und sie tragen zuerst einige unter sich gleiche lancettliche primordiale Blätter, welche sehr verschieden sind von den sich später entwickelnden. Sie bilden unmittelbar nach ihrer Entstehung ein oder zwei neue Wurzeln (*wz*) welche so tief möglich an ihrer Basis also in der nächsten Nähe des Mutterstammes entspringen.

Andere adventive Sprossungen wie diese aus Wurzelgebilden entstandenen, habe ich bei *Selaginella* nicht bemerkt, und ich bin überzeugt, dass die vegetative

---

* Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires. *Ann. d. sc. nat. Bot.* 1872, pg. 114.

† Die Entwickelung des Keimes der Gattung *Selaginella*. HANSTEIN's *Botan. Abhand.* Bd. I. Heft 4, pg. 67, 1871.

Vermehrung dieser Pflanzen ausschliesslich und immer auf der hier beschriebenen Umwandelung beruht.

Hofmeister hat zwar eine ganz andere Auffassung der Adventivknospen der Selaginellen gegeben, wie die hier vorgetragene; ich vermuthe aber, dass er sich hat irreführen lassen durch die Nichtentfaltung des einen der Dichotomiezweige, wie es bei den Dichotomen oft vorkommt und was natürlich bei der Beurtheilung der Sprossungssysteme zuerst zu Sicherheit gebracht werden muss.

Es sei mir erlaubt der Uebersichtlichkeit halber an dieser Stelle die wenigen anderen in der Literatur genannten Fälle von Wurzelumwandlungen in Knospen einzuschalten.

Da durch Bertrand * gezeigt worden ist, dass bei *Phylloglossum Drummondii*, entgegen der Annahme van Tieghem's keine Wurzelknospen vorkommen, habe ich hier über in Sprosse sich verwandelnde Wurzeln bei den Gefässcryptogamen nichts Weiteres mitzutheilen.

Unter den Monocotylen zeigt *Neottia Nidus-avis* bekanntlich Erscheinungen, welche mit den bei *Ophioglossum* beobachteten in mancher Hinsicht übereinstimmen. † Die Metamorphose des Wurzelvegetationspunktes in eine Blattknospe scheint auch hier das einzige Mittel wodurch diese, gewöhnlich *annuelle* Pflanze, zu perenniren vermag. In den Vogesen, wo man die Pflanze oft findet, habe ich 1885 vergebens nach Wurzelknospen gesucht, und auch Irmisch sagt, § dass sehr viele Pflanzen durchaus keine bilden und bei denjenigen Exemplaren, wo man mehrere solche Knospen beobachtet, sterben die meisten frühzeitig. In einem einzelnen Falle hat Irmisch die Knospe etwas hinter dem eigentlichen Vegetationspunkte gefunden und abgebildet, seine Figur zeigt eine laterale exogene, übrigens mit der terminalen durchaus übereinstimmende Knospe, welche in ihrer Stellung unabhängig von den Seitenwurzeln ist.

Es hat mir immer ein auffallendes Zusammentreffen zugeschienen, dass *Neottia*, ausser ihren wandelbaren Wurzelmeristemen noch die seltene Eigenschaft besitzt ihre Nebenwurzeln exogen aus dem Stengel zu erzeugen, und dazu, an den unterirdischen Rhizomen in solcher Menge, dass es nicht leicht ist die Oberfläche des Stengeltheiles derselben zwischen den dichtgedrängten Wurzeln zu

---

* *Comptes rendus* 1883, II. pg. 612 und 715.

† E. Prillieux, De la structure anatomique et du mode de Végétation du Neottia Nidus-avis. *Ann. d. sc. nat. Bot.* 1856. Sér. 4, T, 55, pag. 267. E. Warming, Om rödderner hos Neottia nidus-avis. *Meddel. f. d. naturhist. Foren. i. Kjöbenhavn.* 1874, pag. 24 met Fig.

§ Einige Bemerkungen über Neottia Nidus-avis und einige andere Orchideen. *Abhand. d. Naturw. Ver. zu Bremen.* Bd. 5. Heft 3. 1877. pg. 507.

erblicken. Im Ganzen macht die Pflanze den Eindruck als ob die Verwandtschaft zwischen ihren Wurzeln und Rhizomen eine viel nähere ist, wie bei ihren grünen Verwandten. Bei *Corallorhiza* und *Epipogium* ist diese Verwandtschaft eine so nahe geworden, dass man zweifelt ob man für die unterirdischen Theile den Namen von Stengelorganen oder von Wurzeln gebrauchen muss. Es ist daher als ob man eine „Bastardbildung" zwischen diesen beiden Organformen vor sich hat. Dieser Vergleich, wie fremd er auch anfänglich klingen mag, tritt dem Verständniss näher, wenn man annimmt, dass die verschiedenen Organe der nämlichen Pflanze, oder des nämlichen Thieres, aus verschiedenartigem Protoplasma entstehen, dass zwar überall in den Zellkernen gleichmässig vertheilt ist, sich aber bei der Entwickelung entmischt, so dass man von dem eigentlichen Zellplasma, — wodurch die Form der Organe höchstwahrscheinlich zunächst bestimmt wird, — sagen kann: soviele durch Lage, oder auf irgend eine andere Weise verschiedenartige Zellen, soviele verschiedene Cytoplasten gibt es. Die gleichzeitige Entwicklung zweier solcher elementärer Protoplaste würde sich mit Bastardirung vergleichen lassen.

Zu den Monocotylen mit wandelbaren Wurzelmeristemen zurückkehrend, muss ich noch erwähnen, dass nach BEER * bei der Orchidee *Catasetum tridentatum* ein ähnlicher Fall wie bei *Neottia* vorkommt, und das GOEBEL terminale Wurzelsprosse bei der Aroidee *Anthurium longifolium* fand. †

Um dieser Uebersicht eine gewisse Abrundung zu geben will ich hier die Dicotylen mit in Betracht ziehen. Auch bei diesen ist die directe Veränderung einer Wurzelspitze in eine Knospe bisher nur ausserordentlich selten beobachtet. Von den drei dessbezüglichen Angaben welche ich in meiner Literatur gefunden habe, scheint mir die Folgende der Erwähnung werth.

Bei einer von KARSTEN beobachteten doppelten Gartenbalsamine § bildeten sich aus der Spitze einer Adventivwurzel, welche an einem der unteren Stengelknoten sass, eine Inflorescenz von drei *Blüthenknospen;* kurz nachdem die Inflorescenz durch die Rinde nach aussen gekommen war öffnete sich eine der Blüthen, ergab sich als doppelt und war mit den übrigen Blüthen der Pflanze identisch. Es geschah dieses in dem heissen Sommer von 1858 bei einer Pflanze, welche vor einem dem Osten zugewendeten Fenster in der voller Sonne gewachsen war. KARSTEN hat die Blüthen-tragende Wurzel abgeschnitten und an A. BRAUN gegeben. Es gelang ihm nicht durch künstliche Einflüsse die Veränderung aufs Neue zu Vorschein zu rufen.

* Studien über die Orchideen, pg. 56 (citat nach IRMISCH).

† Ueber Wurzelsprosse bei *Anthurium longifolium. Bot. Zeit.* 1878, pg. 645.

§ Blumenentwickelung aus einer Wurzelspitze, beobachtet von H. KARSTEN. *Flora* 1861, pg. 232.

Am Ende dieser Uebersicht habe ich hervor zu heben, dass der hier betrachtete Functionswechsel einer Organanlage eine viel allgemeinere Erscheinung ist als wie man bisher glaubte; man hat dieselbe bei der Entwicklung mancher lateraler Wurzelknospen zu suchen, von welchen unten gezeigt werden wird, dass sie oft aus Wurzelanlagen entstehen.

§ 3. *Nebenwurzelstellung bei den Gefässcryptogamen.*

E. JANCZEWSKI hat eine sehr genaue Beschreibung der Wurzel- und Knospenbildung bei den Equiseten gegeben, * ich habe seine Angaben für *Equisetum arvense* und *E. limosum* bei der Nachuntersuchung durchaus zutreffend gefunden. Nachdem er darauf aufmerksam gemacht hat, dass man bei den Equisetenstengeln nicht selten Dichotomieerscheinungen beobachten kann, zeigt er, dass die scheinbar endogenen Knospen dieser Pflanzen wirklich exogen entstehen und zwar auf eine ähnliche Weise, wie bei den Moosen *Sphagnum* und *Fontinalis*, nämlich mitten unter den Rückennerven der Blätter aus den Stengelinternodien; † erst durch späteres Wachsthum gelangen die Knospen nicht nur an dem nach unten gekehrten Ende der Internodien, sondern noch tiefer hinab, und brechen durch die Blattscheiden, welche sich auf dem Knoten *unterhalb* des genannten Internodiums finden nach aussen; die zu den Knospen gehörigen Blätter stehen desshalb auf dem *zweitoberen* Knoten. Die Equisetumknospen haben also in Bezug auf die Blätter eine ähnliche Stellung wie die Wurzeln von *Ophioglossum* und *Botrychium*, welche in den Blattachseln stehen, anatomisch aber mit dem fünftoberen Blatte unter dessen medianer Rückenseite sie befestigt sind zusammenhängen. Für unseren Zweck ist es nun besonders wichtig, dass die Wurzeln bei *Equisetum* immer zu einer Knospenanlage gehören, daraus entstehen. Man könnte die Sache auch dadurch klar legen, dass man sagte: die Pflanze bildet an den genannten Stellen Embryonen; diese Embryonen be-

---

* Recherches sur le développement des bourgeons dans les Prêles, *Mém. d. l. Soc. d. sc. nat. de Cherbourg*, T. XX (2e Sér., T. X) 1876—77, p. 69. FAMINTZIN (*Mélanges biol. d. St. Pétersbourg*, T. 9, 1876, pag. 573) kam zu gleicher Zeit wie JANCZEWSKI zum Resultat, dass die Equisetenknospen exogen entstehen, doch enthält seine Arbeit Nichts über die Wurzeln dieser Pflanzen.

† JANCZEWSKI und FAMINTZIN sagen zwar „in den Blattachseln," das ist aber nicht richtig, denn die Knospen gehören weder zu den Blättern des nächst unteren Knotens, noch zu den Blättern des Knotens auf welchen sie befestigt sind, sondern zu dem nächst oberen Knoten; ersteres desshalb nicht weil sie noch höher entstehen wie die Blätter des Knotens woraus sie hervorbrechen; zu diesen letzteren Blättern gehören sie nicht weil sie zwischen denselben entstehen und nicht morphologisch damit zusammenhängen, allein dieser Zusammenhang existirt zu den Blättern des nächst höheren Knotens.

sitzen aber eine sehr eigenthümliche Structur, denn sie bestehen, aus der Knospenanlage, mit ein, zwei, * drei, vier, fünf oder selbst sechs Wurzelanlagen. An den oberirdischen Theilen wachsen die Knospen zu den wohlbekannten ruthenförmigen Zweigen aus, während die dazu gehörigen Wurzeln vollständig rudimentär bleiben, und theilweise atrophiren; mikroskopisch kann man dieselben jedoch unten an jedem Zweige auffinden. Unter der Erde bleiben die Knospen dagegen in ihrer Entwicklung zurück und nur die Wurzelanlagen entfalten sich. Bei *Equisetum limosum* findet die Wachsthumshemmung schon so frühzeitig statt, dass man selbst bei genauer mikroskopischer Betrachtung in erwachsenen Organen nur eine Wurzelgruppe ohne Knospe bemerkt, welche sich aber durch lückenlose Uebergangsreihen mit den oberirdischen Embryonen als homolog erweist. JANCZEWSKI nennt die eigenthümlichen Knospen woraus diese Wurzelbündel entstehen „rhizogene Knospen" und er bemerkt dazu: „Les vrais bourgeons rhizogènes dérivent, à ce qu'il nous a toujours semblé, de cellules-mères extérieures comme celles des bourgeons à rameaux; avec le temps le tissu de la gaine voisine les entoure de toutes parts et les rend réellement intérieures."

Andere wie diese, aus den „Knospen-Embryonen" oder deren Anlagen hervorgehende Wurzeln besitzen die Equiseten (die Abbildungen der Calamiten erlauben die Annahme, dass sie in dem nämlichen Falle verkehrten) überhaupt nicht; die Hauptwurzel macht darauf natürlich keine Ausnahme.

Bei den Rhizocarpeen findet man die nämliche Beziehung zwischen Sprossen und Wurzeln wie bei den Equiseten. Da die Sache für so weit mir bekannt, noch von keinem Botaniker in diesem Lichte betrachtet wurde, will ich hier die Resultate wozu C. NÄGELI gekommen ist † und welche ich selbst für *Pilularia* und *Marsilia* bestätigt gefunden habe, erwähnen.

Bei *Marsilia quadrifolia* tragen die kriechenden Stämmchen auf der Oberseite zwei Blattreihen, welche ungefähr $^1/_4$ des Stengelumfanges von einander entfernt sind. Seitlich neben jedem Blatte und zwar (mit Rücksicht auf die horizontale Lage der Stammachse) nach unten von demselben befindet sich ein Ast, welcher fast gleichzeitig mit dem Blatt angelegt wird aber sich langsamer entwickelt. Die Aeste sind demnach ebenfalls alternirend zweizeilig, und zwar mit einem Abstand von ungefähr 180°. Fast gleichzeitig mit dem Blatte und dessen Ast wird in gleicher Höhe (Entfernung vom Scheitel) eine Wurzel angelegt. Dieselbe ist von der Insertionsstelle des Blattes etwa um 90° entfernt.

---

* Bei *Equisetum arvense* der gewöhnliche Fall, die beiden Wurzeln sitzen hier unmittelbar über einander.

† *Beiträge zur Wissensch. Botanik.* Heft 1, pag. 54, 1858.

Ihm folgt sehr bald eine zweite dem Blatte näher liegende, darauf zuweilen in gleicher Richtung noch eine dritte und selbst eine vierte, so dass diese Seitenwurzeln eine Querreihe bilden deren letztes Element (nämlich das vierte, zuweilen auch das dritte) deutlich am unteren Theile des Astes stehen. Ausser diesen Seitenwurzeln kommen noch Adventivwurzeln vor, meistens 1—5 an einem Internodium. Sie nehmen in der Regel die Mittellinie der unteren Stengelseite ein, und bilden somit eine unpaare Zeile.

Die anatomische Untersuchung ergibt, dass der Centralcylinder des Stämmchens sich aus meistens fünf Fibrovasalsträngen zusammenstellt, drei derselben liegen auf der Oberseite und sind Blattspurstränge, die zwei unteren sind stammeigen. Die Blätter senden je einen Strang in den Stamm, die Aeste drei, wovon der eine mit der Spur des zugehörigen Blattes, die zwei anderen mit den stammeigenen Strängen verschmelzen. Die Centralcylinder der Wurzeln verbinden sich mit dem benachbarten stammeigenen Strang; die der Adventivwurzeln vermittelst Schenkeln mit den beiden stammeigenen Strängen.

Schon bei den Keimpflanzen werden diese Verhältnisse genau auf der beschriebenen Weise angetroffen. *

Bei *Pilularia globulifera* ist alles in der Hauptsache wie bei *Marsilia*. „Die Stellung der Blätter, Aeste und ersten Seitenwurzeln ist die nämliche. Die beiden Zeilen der letzteren sind einander viel mehr genähert als die beiden Blattzeilen. Auf die erste Seitenwurzel folgt bald eine zweite, zuweilen auch eine dritte, welche schon deutlich aus der Basis des Astes entspringt" (Nägeli l. c.). Die anatomischen Verhältnisse sind hier aber einfacher da die Blattspurstränge im Stamme von *Pilularia* zu einem einzigen Strange verschmelzen und auch der stammeigene Strang einfach ist. Der Centralcylinder der Wurzeln verbindet sich nur mit dem zuletzt genannten Strange, derjenige des Seitenzweiges so wohl mit diesem wie mit dem Foliarstrange des Mutterorganes.

Strassburger hat gezeigt, dass auch bei *Azolla* die Wurzeln neben und auf den Seitenzweigen entstehen.

Bei den Lycopodien und den Selaginellen ist der Zusammenhang der Wurzeln mit den Seitenästen in vielen Fällen ebenso deutlich wie bei den Wasserfarnen. Zwar findet man in Bezug auf *Lycopodium* gewöhnlich angegeben, dass die am Stamme befindlichen Wurzeln ohne Ordnung daran vorkommen, Abbildungen zeigen aber meistens, dass die Wurzeln neben den Dichotomiewinkeln entspringen und sich nur dadurch von den Selaginellawurzeln unterscheiden,

* Man verg. z. B. die Figuren von Braun in: Nachträgliche Mittheilungen über die Gattungen *Marsilia* und *Pilularia, Monatsber. d. Akad. d. Wiss.*, 2, pag. 635, Berlin, 1872.

dass sie, bei den kriechenden Arten, aus der unteren Stammseite entstehen, während die Wurzeln bei *Selaginella* (vergl. pag. 16) der Oberseite des Stammes angehören. Bei *Lycopodium clavatum* und *L. inundatum* kann man leicht Wurzeln antreffen, welche von den eigentlichen Gabelstellen weit entfernt sind; allein eine genauere Betrachtung lehrt, dass neben manchen derselben (bei *L. inundatum* fand ich es immer so) ein rudimentär gebliebener Gabelzweig sitzt. Ob dieses auch für andere Arten zutrifft kann ich nicht sagen, bezweifele es aber kaum. Für die unterirdisch angelegten Wurzeln von den aufrechten Lycopodien, wie *L. Selago*, konnte ich einen Zusammenhang mit der Gabelung zwar nicht überall deutlich sehen; die oberirdischen, durch die Rinde bis in den Boden durchdringenden Wurzeln entstanden bei meinem Materiale dagegen theilweise sehr deutlich, anderntheils zweifelhaft, in der Nachbarschaft der Gabelstellen.

Bei *Isoëtes* scheint die Wurzelstellung mit derjenigen der Blätter zusammen zu hängen, aber die Sache ist noch niemals genau untersucht. Auch das Verhalten der fossilen Dichotomen ist in dieser Beziehung unbekannt.

Bei *Ophioglossum* und *Botrychium* mit ihren fünfzeiligen Blättern, findet sich gerade unter jedem Blatte — davon durch $4^1/_2$ Internodien getrennt — eine Wurzel. Diese Stellung ist derjenigen bei *Equisetum* analog, nur mit dem Unterschiede, dass zu den Ophioglosseenwurzeln keine Knospen gehören. Die Marattiaceen scheinen sich ähnlich zu verhalten wie die Ophioglosseen; sie können aber Knospen bilden, welche am Blattgrunde oder auf den Stipeln sitzen.

Leider kann ich auf die Knospen- und Wurzelbildung bei den übrigen Farnen nicht näher eingehen, weil meine Kenntnisse in dieser Beziehung noch zu unvollständig sind; nur kann ich angeben, dass bei den von mir untersuchten Formen die Arten welche Knospen aus dem Blattstiele erzeugen ebenfalls aus diesem Organ Wurzeln bilden (*Aspidium Filix mas*), während stengelständige Knospen auch von stengelständigen Wurzeln begleitet werden (*Polypodium vulgare*).

§ 4. *Die Gymnospermen.*

Ueber die Knospen- und Wurzelbildung der Gymnospermen ist nur sehr wenig bekannt. Auch ich kann darüber nur einige fragmentarische Bemerkungen machen, und doch ist es eben diese Gruppe, wofür die Frage besonders interessant ist, so dass ich hoffe, dass andere Botaniker, welche in einer besseren Lage zur Beobachtung dieser Pflanzen sind wie ich, ihre Aufmerksamkeit darauf richten wollen.

Callusknospen werden in vereinzelten Fällen an abgehauenen Tannenstöcken gefunden, wahrscheinlich nur in den seltenen Fällen, wenn die Wurzeln der Stöcke

mit den Wurzeln benachtarter Fichten- oder Tannenbäume verwachsen sind, was nach GÖPPERT* dann und wann vorkommt. Geschieht eine solche Verwachsung nicht, so ist bei den von mir beobachteten Coniferen die Callusbildung aus dem Cambium so gering, dass von der Entstehung von Knospen durchaus nicht die Rede sein kann. Die Stockknospen wachsen aus zu orthotropen Sprossen, welche mit der Hauptachse identisch sind; sie gleichen denjenigen Knospen welche bei manchen Coniferenstecklingen sich unterirdisch aus dem basalen Callus bilden. Dieselben besitzen durch diese Eigenschaft einen grossen gärtnerischen Werth, da die aus gewöhnlichen Seitenästen gewonnenen Stecklinge die Eigenthümlichkeiten, durch welche diese Seitenäste sich von der Hauptachse unterscheiden, nicht nur auf ihre Verzweigungen überträgen, sondern an und für sich beim fortwachsen niemals verlieren, so dass sie auch nie mit der Hauptachse identisch werden können. Eine ähnliche Constanz der „Knospenindividuen" findet man bei manchen — besonders australischen — Papilionaceen, und, in geringerem Grade, bei den Rosen, dem Epheu und bei einigen anderen Pflanzenarten zurück. Das Vorkommen verschiedenartiger Sprosssysteme mit constanten erblichen Eigenschaften bei einer einzelnen Pflanze erinnert an die männlichen und weiblichen Zweige gewisser monöcisch gewordener Diöcisten, welche als Stecklinge benutzt ihr Geschlecht beibehalten.

Nur *Cunninghamia sinensis* scheint normale Wurzelknospen zu erzeugen, welche sich aus den Narben abgerissener Seitenwurzeln zu entwickelen vermögen und die Vermehrung dieser Pflanze durch Wurzellohden gestatten, wobei orthotrope und auch in anderen Hinsichten normale Individuen entstehen.

Araucaria Cunninghamii und *Ginko biloba* werden zwar durch Wurzelstecklinge vermehrt, allein die Natur der dabei entstehenden Knospen ist mir unbekannt, ich zweifle aber nicht, dass sie sich in den Seitenwurzelachseln bilden werden; mit Ginkowurzeln habe ich viele vergebliche Versuche gethan, die Wurzeln faulten immer, wahrscheinlich weil mir die nöthige Bodenwärme fehlte.

Die Stengelorgane der Gymnospermen scheinen nur eine sehr beschränkte Neigung zur Nebenwurzelbildung zu besitzen, und dazu nur veranlasst werden zu können, wenn sie als Stecklinge verwendet werden. Bei einigen Versuchen, welche ich anstellte um die Anordnung der Nebenwurzeln kennen zu lernen, fand ich, dass bei *Juniperus*, *Taxus*, *Thuya* in den Ansatzstellen der Seitenzweige an die Mutteräste noch die stärkste Neigung zur Wurzelbildung existirt, so dass man schliessen muss, dass sich an diesen Stellen, in der Rinde, eine relativ besonders wirksame rhizogene Schicht befindet.

* Monographie der fossilen Coniferen, pag. 254, Leiden 1850, und anderswo.

§ 5. *Die Wurzelknospen der Monocotylen.*

Die bei den Monocotylen nur selten gefundenen Wurzelknospen will ich nach den Familiën, worin mir solche bekannt geworden sind, aufzählen.

Liliaceen. WARMING beschreibt das Vorkommen von ein oder zwei ziemlich grossen Zwiebeln auf den Wurzeln von *Scilla Hughii*; * eine genaue Betrachtung der von ihm gegebenen Figur zeigt, dass die Zwiebeln unzweifelhaft in den Seitenwurzelachseln sitzen und selbst an ihrer Basis neue Wurzeln erzeugen.

Dioscoreaceen. VAUCHER, KARSTEN und ROYER haben Notizen veröffentlicht über das Vorkommen von Wurzelknospen bei *Tamus communis*, anderswo fand ich auch *Tamus elephantipes* als Wurzelknospen erzeugend genannt, Näheres über diese Knospen ist mir aber unbekannt. Etwas besser bekannt sind die Sprossungsverhältnisse der Dioscoreaknollen. Die Oberfläche dieser Körper ist bei *Dioscorea sativa*, *D. japonica*, *D. edulis*, und wahrscheinlich bei vielen anderen Arten, mit Narben überdeckt, welche die Gipfeln kleiner Rindenhügel einnehmen; dieselben entsprechen den abgestorbenen im vorhergehenden Sommer gebildeten annuellen Seitenwurzeln. Pflanzt man ganze Wurzeln, oder Schnittstücke davon, im Frühjahr in feuchten Sand, so sieht man bei Kammertemperatur schon nach wenigen Tagen an vielen Stellen, welche zu den eben genannten Narben durchaus nicht in Beziehung stehen, und wie diese, augenscheinlich *völlig regellos* angeordnet sind, aus der Rinde Seitenwurzeln hervorbrechen. Der anatomische Vorgang dabei ist durchaus mit der Nebenwurzelbildung aus den Monocotylenstengeln zu vergleichen, und dieses um so mehr, als die Dioscoreenknollen, obschon wahre Wurzelorgane, vollständig in ihrem Bau mit Monocotylenstengeln übereinstimmen. Man findet nämlich in denselben einen stark entwickelten Centralcylinder, welcher von einer ungefähr Millimeter-dicken Rinde eingeschlossen ist. Die Oberfläche des Centralcylinders besteht aus einer 6—10 Zellenschichten dicken Pericambiummantel („couche dictyogène" von MANGIN, „Perizikel" von VAN TIEGHEM); die Gefässbündel welche collateral sind mit nach aussen gewendeten Phloem, liegen ordnungslos im Grundgewebe des Centralcylinders und sind oft theilweise im Pericambium versenkt. An den Stellen wo sich eine Nebenwurzel bildet sieht man das Periderm der Rinde aufreissen, und eine saftige, aus losen Zellen bestehende, weisse, kuppenförmige Masse hervortreten, worin sich die Nebenwurzel befindet. Der Centralcylinder sowie die innere Rinde der Letzteren entsteht aus dem Pericambium, die äussere Rinde, die Epider-

---

* *Botan. Tidskr.* 1877, pg. 53.

mis und die Wurzelmütze aus der Rinde der Mutterwurzel. Die benachbarten Gefässbündel des Centralcylinders, deren oft zwei oder drei unter einer einzigen Wurzelanlage liegen, treten bald durch Gefässstränge mit dieser Neubildung in Verbindung.

Die meisten Seitenwurzeln wachsen nun weiter zu einfachen Wurzelsasern aus. Einzelne derselben, namentlich diejenigen, welche sich an der Spitze der eingepflanzten Wurzeln oder Wurzelstücke befinden, sind von dem ersten Augenblicke, wo ich dieselben beobachtete, in unmittelbarer Verbindung mit einer Knospe, welche sich so frühzeitig entwickelt hatte, dass ich nicht feststellen konnte ob die Seitenwurzel aus der Knospe oder umgekehrt die Knospe aus der Seitenwurzel entstanden war; das Ganze macht desshalb, wie SACHS bemerkt * schon vom Anfang an den Eindruck eines Embryo. Dieser Vergleich ist auch in soweit zutreffend, als das spätere Wachsthum der Seitenwurzel unterhalb der Knospe eine andere Richtung einschlägt, wie wenn keine Knospe damit verbunden ist; sie wird nämlich stark positiv geotropisch und es entsteht daraus eine neue Knolle eben wie aus der Hauptwurzel eines Keimlinges; Wurzel und Knospe zusammen bilden denn auch später eine Pflanze welche eine gewöhnliche Hauptwurzel zu besitzen scheint und sich durchaus nicht von einer Samenpflanze unterscheidet. Da die Wurzelknospen nur sehr vereinzelt entstehen ist es schwierig ihre ersten Anlagen zu finden, mir ist das wenigstens noch nicht gelungen. Kaum brauche ich noch zu erwähnen, dass ich für die allgemeine Ansicht, zu jeder Wurzel gehöre ausnahmslos eine Knospe, wie bei *Equisetum*, in den Dioscoreaknollen mikroskopisch keine Stütze gefunden habe.

Orchideen. Die fleischigen Orchideenwurzeln scheinen sich oft sehr gut für die Reproduction zu eignen und verdienen in dieser Hinsicht näher untersucht zu werden. Bei *Spiranthes autumnalis* und *S. aestivalis* kann man das Oberende der Wurzel bis auf beträchtlicher Tiefe entfernen und dennoch aus dem Unterende eine Knospe hervorgehen sehen, welche die Pflanze so zu sagen unmittelbar regenerirt, weil dieselbe schon bei ihrer Entstehung mit breiter Basis der Wundfläche aufsitzt und später die regelrechte Verlängerung der Wurzel darzustellen scheint. Auch bei *Neottia Nidus-avis* hat IRMISCH ein ziemlich starkes Reproductionsvermögen in abgeschnitten Wurzelstücken beobachtet. Bei *Sturmia Loeselii*, † *Malaxis paludosa* und *M. monophyllos* findet man bisweilen in der

* Stoff und Form der Pflanzenorgane, *Arbeiten d. bot. Inst. in Würzburg.* Bd. II. 1882, pg. 709.

† Für *Sturmia* abgebildet bei IRMISCH, Zur Morphologie der Knollen- und Zwiebelgewächse. Taf. X, Fig. 18*a*. Berlin 1850.

freien Natur eine kleine Gruppe von Knospen auf der Gipfel (Oberende) unversehrter vorjähiger Knollen, welche durchaus unabhängig von den Blättern sind, und wahre Adventivknospen genannt werden können. *

Inzwischen scheinen die lateralen Sprosse auf den Orchideenwurzeln selten zu sein. Dass dieselben vereinzelte Male bei *Neottia* gefunden wurden, ist schon oben (pag. 17) erwähnt. Wichtiger und allgemeiner ist das Vorkommen seitlicher Knospen auf den Wurzeln von *Cephalanthera rubra*, welche durch IRMISCH ausführlich beschrieben worden sind. † Dieselben sitzen vereinzelt oder in kleinen Gruppen von zwei bis drei neben oder auf der Basis von Seitenwurzeln, welche sich von der Mutterwurzel abzweigen; sie besitzen also genau die nämliche Stellung wie die wurzelbürtigen Zwiebeln von *Scilla Hughii* und die Reproductionsknospen der Dioscoreenknollen. IRMISCH fand, dass nichtblühende Pflanzen, welche an schattenreichen Stellen wachsen, besonders zu der betrachteten Knospenbildung geeignet sind. Die knospentragenden Wurzeln können noch mit der Mutterpflanze verbunden sein, oder ganz frei im Boden liegen und dann noch lange Zeit fortwachsen und sich verzweigen. Sind die Knospen zu selbständigen Pflänzchen geworden, so bleiben dieselben oft einen ganzen Sommer in schlafendem Zustand im Boden zurück. Für einige andere Cephalantheraarten, wie *C. pallens*, *C. ensifolia* und *C. grandiflora* glaubt IRMISCH, dass die Reproduction vermittelst Wurzelknospen sehr wahrscheinlich ist, festgestellt ist dieses aber noch nicht.

In einer Gartenzeitschrift fand ich die Angabe, dass bei *Phalaenopsis Schilleriana* Seitenknospen auf den Luftwurzeln vorkommen; § möglicherweise sind noch mehrere dergleiche Bemerkungen, die Orchideen betreffend, in der gärtnerischen Literatur zu finden.

In den übrigen Monocotylenfamilien sind mir noch keine Seitenknospen auf Wurzeln bekannt geworden.

§ 6. *Nebenwurzelstellung bei den Monocotylen.*

Wenn an den unterirdischen Organen, den Knollen, Zwiebeln oder Rhizomen bei den Monocotylen eine neue Knospe entsteht, so ist es eine sehr allge-

---

* Bekanntlich erzeugt *Malaxis paludosa* ebenfalls kleine Gruppen von Knospen an den Blattspitzen. Ob diese so ausserordentlich propagationsfähigen Individuen reichlich Samen tragen, wofür die Art im Allgemeinen bekannt ist, verdient nähere Untersuchung.

† IRMISCH, *Beiträge zur Morphologie und Biologie der Orchideen.* Leipzig 1853, pg. 32.

§ *The Gardener's World*, I, 1885. Fig.

meine Erscheinung, dass sich, entweder aus der Basis dieser Knospe oder in der Nähe davon aus dem Mutterorgane eine oder mehrere Wurzeln bilden. So sieht man z. B. auf vielen Knollen von *Crocus vernus* im Frühjahr eine dicke rübenförmige Wurzel aus jeder sprossenden Knollknospe nach unten wachsen, so dass die Oberfläche der Knollen dann mit mehreren an Keimpflanzen erinnerende Sprossungen bedeckt sein kann. An den unterirdischen Sprossen von *Triticum repens* findet man meistens drei Nebenwurzeln auf jedem Knoten. Die zwei grössten davon, und niemals fehlenden, stehen rechts und links von der Knospe auf einem etwas niederen Niveau, die dritte ist gewöhnlich der Knospe gegenüber gestellt, was wohl durch die Wirkung der Schwere erklären zu sein dürfte, bisweilen sitzt die dritte Wurzel mitten an der Basis der Knospe; sind vier Wurzeln vorhanden so sitzen sie in zwei Bündeln von zwei Stück rechts und links von der Knospe. Bei den Tulpen gehört zur neuen, in die Zwiebel verändernden Knospe, eine ganze Packete von Wurzeln und ebenso ist es bei den Colchicum-, Bulbocodium- und Merendriaknollen, etc. Bei *Orchis* sitzen die Wurzelanlagen so dicht neben einander dass dieselben zu den bekannten handförmigen oder kugeligen Wurzelknollen zusammenwachsen. * Bei *Calla palustris* und bei gewissen Hydrocharisarten sitzen mehrere oder eine einzelne Wurzel über oder neben den Seitenknospen in den Achseln der Scheidenblätter. Alle diesen Fälle, welche jedermann leicht mit sehr vielen ähnlichen wird vermehren können, stimmen darin überein, dass der neue Spross und die neuen Wurzeln sich zu einander verhalten wie diese Theile im Embryo; die auf dieser Weise entstandenen eigenthümlichen Knospenindividuen zeichnen sich aber gewöhnlich (nicht immer) dadurch aus, dass sie eine ganze Menge von Wurzeln anstatt eine einzige, wie der Keimling, besitzen. Diese Betrachtungen über einen, durch bisher unerklärte Correlation geregelten Zusammenhang zwischen Seitenknospen und Nebenwurzeln, welche wir gegenwärtig bei vielen unterirdischen Stengeltheilen, im vorigen Paragraphen bei gewissen Wurzeln von Monocotylen kennen lernten, erlauben es die bei den unterirdischen Theilen dieser Pflanzen oft ziemlich complizirten Verzweigungsverhältnisse schnell zu verstehen, und ihre Richtigkeit und Allgemeinheit geht besonders daraus hervor, dass sie auch auf viele Dicotylenknollen und Zwiebeln anwendbar sind. Zur Erläuterung meiner Meinung in letzterer Beziehung, beschränke ich mich auf die Erwähnung eines einzelnes Beispieles. Bei *Adoxa Moschatellina* findet man in April an den Zwiebelchen normaler Weise eine einzelne, an ihrer Basis stark verzweigte

* Auf dieser Weise erklärt VAN TIEGHEM die vom gewöhnlichen Wurzelbau abweichende Structur der Ophrydeenknollen.

*

Wurzel, diese entsteht aus dem Rhizome unten an der Mittellinie der Rückenseite einer Zwiebelschuppe, gehört aber morphologisch und physiologisch zur Achselknospe dieser Schuppe, welche sich entweder zum blühenden Sprosse oder zu einem unterirdischen Ausläufer entwickelt, die Wurzel muss so zu sagen die Schuppe durchbohren um nach aussen zu kommen; der anatomische Ort der Entstehung correspondirt mit der Stelle, wo die Centralcylinder von Seitenknospe und Blattschuppe zusammenkommen.* Selbst eine so sonderbar gebaute Pflanze wie *Corydalis solida* lässt sich der gegebenen Regel sehr wohl unterordnen.

In einigen Fällen lässt sich der Zusammenhang zwischen Nebenwurzeln und Seitenknospen an unterirdischen Stengeltheilen erst durch eine ausführliche anatomische Untersuchung feststellen, während die äusserliche Betrachtung vollkommene Unabhängigkeit zwischen den beiden Organarten vermuthen lässt. Ein sehr schönes Beispiel davon ist die Asphodelee *Antholyza aethiopica*, deren scheibenförmige, unterirdische, knollenartige Stengel mit gewöhnlichen Blattachselständigen Sprossknospen bedeckt sind, während ihre Nebenwurzeln scheinbar ordnungslos überall aus der Knollenoberfläche hervorbrechen. Sucht man die Entstehungsorte dieser Wurzeln auf, so findet man, dass dieselben sich mitten in der Dicke der primären Rinde, also weit entfernt von der Oberfläche des Centralcylinders der Knollen an die Gefässbündel der Seitenknospen ansetzen, und zwar in der Weise, dass ein bis drei solcher Wurzeln sich als zu einer Knospe gehörig ergeben. † Vorläufige Untersuchungen ergaben, dass dieses Verhalten bei vielen Zwiebeln vorzukommen scheint; die erheblichen Schwierigkeiten, welche sich einer richtigen Auffassung der Präparate von solchen Organen entgegenstellen, veranlassen mich jedoch diese Meinung nicht ohne Einschränkung auszusprechen.

In wieder anderen Fällen ist ein Zusammenhang zwischen den Seitenknospen und den Nebenwurzeln, wie es scheint durchaus nicht vorhanden. Ich erinnere z. B. an die zahlreichen Monocotylenrhizome mit anscheinend ordnungslosen internodialen Nebenwurzeln. Inzwischen sind diese bei den horizontalkriechenden Rhizomen gewöhnlich auf der Unterfläche gestellt, oder doch wenigsten hier am reichlichsten entwickelt. Man weiss, dass dieses die Folge der Schwere ist, welche auf einer unbekannten Weise das junge Pericambium der Unterseite der horizontal fortwachsenden Endknospe affizirt, und daraus schon sehr frühzeitig eine, durch kräftigere Zelltheilung sich von

* An einem anderen Fundorte der Pflanze gehörten zwei Wurzeln zur Knospe, die eine sass im linken die andere im rechten Winkel zwischen Rhizomachse und Deckschuppenrand.

† Eine Abbildung von diesem Verhalten gibt MANGIN, Origine et insertion des racines adventives, *Ann. d. Sc. nat. Bot.* T, 14, 1882, Pl. 13, Fig. 41.

dem Pericambium der oberen Rhizomseite unterscheidende rhizogene Schicht bildet. Bedenkt man aber, und das soeben angeführte ist davon ein Beispiel, in wie hohem Maasse und wie ganz allgemein die Wurzelbildung unter dem Einfluss von äusseren Bedingungen, wie Licht, Schwere, Feuchtigkeit, und Sauerstoffzutritt steht, und ferner, dass die Strombahnen der plastischen Nahrung die Stellen der Wurzelbildung unzweifelhaft beherrschen, endlich wie leicht die verschiedenartigsten Organe, wie z. B. die Rückennerven der Blätter von *Crinum Capense* die Basis der Früchten von *Lilium speciosum*, die Wundränder abgeschnittener Zwiebelschuppen von *Lilium tigrinum*, die Blüthenstielchen der treibenden Blüthen von *Vallisneria spiralis* Wurzeln erzeugen, so muss man sich viel eher darüber wundern, dass wir in so vielen Fällen eine Correlation zwischen Sprossknospen und Wurzeln nachweisen können, als darüber, dass dieses in sehr vielen anderen Fällen nicht gelingt.

Eine Untersuchung der grünen, weniger metamorphosirten Stengeltheile der Monocotylen ergibt erstens als Resultat, dass bei diesen Organen die nodale Stellung der Nebenwurzeln die durchgehende Regel ist. Wesshalb ist dieses der Fall? Warum entstehen die Wurzeln nicht auch hier, wie bei so vielen Rhizomen über der ganzen Länge der Internodien zerstreut? MANGIN beantwortet diese Frage mit dem Nachweise, * dass das Pericambium des Centralcylinders in den Knoten durch wiederholte Theilung eine sich für die Wurzelerzeugung besonders gut eignende Schicht (couche rhizogène) gebildet hat. Wir können nun aber weiter fragen, wesshalb diese Umwandlung eben hier so frühzeitig zu stande gekommen ist. Nur drei Möglichkeiten liegen hier vor: Entweder der Einfluss der Blätter oder derjenige der Seitenknospen muss der Erscheinung zu Grunde liegen, oder Blätter und Seitenknospen begünstigen beide die Wurzelentwicklung. Dass die Blätter durch die Nahrung, welche sie in die Stengel ergiessen die Wurzelbildung fördern ist unzweifelhaft, man denke z. B. an die Blätter von *Ficus elastica* oder *Aucuba japonica*, welche, wie schon früher hervorgehoben, als Stecklinge behandelt aus der Wundfläche ihres abgeschnittenen Stieles ein kraftiges und schönes Wurzelbündel treiben. Allein ein solcher Einfluss kann in dem vorliegenden Falle nicht die Ursache der Wurzelbildung sein, denn diese, oder besser die Entstehung der speciell rhizogenen Gewebegeschicht, fällt in einer Zeit wenn die Blätter selbst noch jung und farblos sind und ihre Nahrung aus dem Stengel schöpfen müssen. Nun kann man zwar annehmen, dass das junge Blatt einen unbekannten Einfluss ausübt auf das Meristem des zu diesem Blatte gehörigen Knotens; überlegt man aber, dass die Erzeugung der Nebenwurzeln

* Origine et Insertion der racines adventives, l. c., pag. 294 etc.

doch gewiss in der Hauptsache zum Nutzen des Mutterstengels und besonders der Verzweigungen desselben dienen muss, so wird es kaum abweisber anzunehmen, dass es auch die jungen Seitenknospen selbst sein werden, welche das Knotenmeristem zur Wurzelerzeugung reizen.

Ausser durch die Allgemeinheit der nodalen Nebenwurzelstellung, geben ferner manche niedere Monocotylen, besonders die *Najadeen*, noch auf einer mehr directen Weise, Belege für meine Ansicht. So kann man von den Nebenwurzeln von *Elodea canadensis*, *Zanichellia palustris* und *Halophila ovata* eher behaupten, dass sie aus der Basis der Seitenknospen entstehen, wie aus dem Gewebe des Mutterstengels. Bei *Zostera*, *Posidonia* und *Ruppia* ist der Zusammenhang mit der Seitenknospe zwar weniger deutlich weil der Abstand zwischen Knospen und Wurzeln hier grösser, und die Stellung der letzteren weniger constant ist, jedoch ist dieser Zusammenhang auch hier unzweifelhaft vorhanden. Bei den Arten von *Potamogeton* sind die Nebenwurzeln zwar auf sehr verschiedenen Weisen mit den Knoten verbunden und nur selten blattachselständig, wie bei *Potamogeton densus*, allein ihr allgemeines Verhalten spricht für unsere Regel. Wir finden also in dieser Familie, wenn auch nicht überall, so doch weit verbreitet, eine unverkennbare Analogie in Bezug auf ihre Nebenwurzelstellung mit derjenigen der früher besprochenen Gefässcryptogamen. Bei vielen anderen Monocotylen lassen sich ähnliche Verhältnisse nachweisen.

§ 7. *Blattknospen bei den Monocotylen.*

Die bei den Monocotylen nur selten vorkommenden normalen Blattknospen, stehen bei den noch mit der Mutterpflanze verbundenen Blättern gewöhnlich an der Blattspitze und dabei auf der Blattoberseite, ich erinnere z. B. an die Knospen von *Curculigo orchidioidea*,* *Drimia lilacina* und an dem kleinen Knospenkamm von *Malaxis paludosa*. Die Blattknospen von den Aroideen *Atherurus ternatus* und *Amorphophallus bulbiferus*, ferner von *Eucomis regia* und *Ornithogalum thyrsoides* sitzen dagegen irgend auf der Mitte der Oberseite und müssen wahrscheinlich als Spaltungsproducte normaler Achselknospen aufgefasst werden, welche passiv durch das wachsende Blatt mitgeführt worden sind. Bei *Ornithogalum scilloides* ist kein Zweifel daran, dass die rückenständigen Knospen der Blätter eigentlich Achselproducte von tiefer gestellten Blättern sind, und nur durch Verklebung und nachträgliche Verschiebung, an ihren so ungewohnten Stellen gelangen. Aehnliches findet man bei manchen anderen Monocotylen.

* Buds out of place, *Gardeners's Chronicle*, 21 Febr. 1885, p. 249. Für die übrige Literatur vergl. man meinen Aufsatz in *Nederl. Kruidk. Archief* 1882, pag. 438.

Bei *Hyacinthus Pouzolsii* werden selbst auf beiden Blattseiten Knospen gefunden. Bei den zuletzt genannten Arten sind die Knospen unzweifelhaft schon als Anlagen da, wenn die Blätter selbst noch im Meristemzustand verkehren, man kann desshalb nicht behaupten, dass die Organisation des fertigen Blattes auf der Knospenentwicklung Einfluss ausgeübt hat. Für *Malaxis*, *Curculigo* und *Drimia* ist es schwieriger die Zeit der Anlage der Knospen zu beurtheilen, auch hier ist es jedoch wahrscheinlich, dass sie sehr frühzeitig entstehen, und dieses mag ebenfalls gelten für die Knospen von *Hyacinthus orientalis*, welche man bei frühzeitig geschädigten Zwiebeln an den Rändern der Zwiebelschalen findet, und welche daran in basipetaler Reihenfolge entstehen.

Bilden sich die Knospen aus der Basis abgeschnittener Blätter, und namentlich, wie bei den Monocotylen Regel, in der unmittelbaren Nähe der Wundfläche aus der Ober- oder Unterseite des Blattes, so kann hier natürlich von einer embryonalen Meristemgruppe, welche in Folge der Verwundung zur Ausbildung gelangt, nicht die Rede sein; ganz sicher können erwachsene Zellen sich hier an der Knospenbildung betheiligen. Es ist merkwürdig wie constant die Epidermis dabei in Betracht kommt, was auch bei den Farnen und Dicotylen gesehen wird, so dass man Grund hat, die knospenbildende Kraft als besonders in der Epidermis rege zu betrachten. Wenn man annimmt, dass Reize durch den Wasserstrom ausgeübt die Knospenbildung veranlassen, so kann die genannte Erscheinung wenig befremden, denn die Epidermis ist das Hauptorgan der Transpiration, besitzt unzweifelhaft besondere Einrichtungen um diese zu reguliren und die Strömungen, welche darin durch Verwundungen entstehen, dürften vielleicht als die geeignetsten Reize betrachtet werden auf welche die Pflanze mit der Bildung neuer Transpirationsorgane reagiren kann. Ausgezeichnete Objecte, zur Beobachtung solcher Knospen sind die Zwiebelschalen und Zwiebelschuppen von verschiedenen Liliaceën und Amaryllideen wie *Hyacinthus orientalis*, *Lilium tigrinum*, *L. candidum*, *Fritillaria imperialis*, ferner die grünen Blätter der Hyacinthe und die Blätter von *Aloë*. In Bezug auf die Reproduction von *Lilium tigrinum* habe ich in 1881 Folgendes niedergeschrieben. Nachdem die Zwiebelschuppen im Herbst von den Zwiebeln abgeschnitten werden, müssen dieselben während längerer Zeit in feuchtem Sande aufbewahrt werden bevor die Bildung der Knospen beginnt; oft sieht man dabei die Spitze der Schuppe vertrocknen, oft ist dieses auch nicht der Fall, was aber gleichgültig ist für das Gelingen des Versuches. Es verdient der Bemerkung, dass die Stelle, wo die Knospe entsteht eben die Basis der Schuppe ist, das heisst die Stelle wo diese Schuppe, welche bekanntlich einen centripetalen Entwicklungsgang durchläuft, am jüngsten ist. Offenbar ist es auch diese Basis, wohin sich der Stoffstrom der Schuppe, welche sich zu

entleeren sucht, damit aber nicht fertigkommt in Folge der Trennung von der Mutterpflanze, gerichtet ist. Eine ähnliche Erscheinung wird in anderen Fällen beobachtet, z. B. bei einer keimenden Kartoffelknolle, wobei auch die „Krone" welche das jüngste ist und am letzten vertrocknet, für die Knospenentwicklung sich als das geeignetste ergibt.

Die Knospe an der abgeschnittenen Schuppe von *Lilium tigrinum* sitzt auf der Oberseite dicht neben dem Rand und nur sehr wenig oberhalb der basalen Wundfläche. Bei der mikroskopischen Untersuchung findet man, dass eine ganze Zellgruppe sich an der Bildung derselben betheiligt, und, dass zu dieser Zellgruppe mehrere Epidermiszellen gehören. Dieser multizellulare Ursprung der Knospen ist eine sehr allgemeine Erscheinung; sie wird zurückgefunden bei den Knospen auf den Hyacinthenblättern, auf den Blättern von *Cardamine* und *Nasturtium*, bei sehr vielen Wurzelknospen und in zahlreichen Fällen, möglicherweise immer, bei den gewöhnlichen Achselknospen. Ungefähr zur nämlichen Zeit wie die Knospe, entsteht dieser genau gegenüber, aus dem Perizikel der Zwiebelschuppe und zwar dort wo dieser dem Phloem der Gefässbündel, welche sich unterhalb der Knospe befinden, angrenzt, eine Adventivwurzel, welche bald durch eine zweite und dritte gefolgt wird. Diese Wurzeln kommen aus der Unterseite der Zwiebelschuppen nach aussen und durchbohren dabei eine dicke Gewebeschicht derselben, welche als eine Coleorhiza an der Wurzelbasis bemerkbar wird. Sie leben nur kurz, bald fängt die Adventivknospe selbst an Nebenwurzeln zu erzeugen, sich dadurch zu einem selbständigen Individuum erhebend. Was mir in diesem Falle besonders interessant vorkommt ist der Einfluss, welchen die entstehenden Knospen und Wurzeln auf einanders Entwicklung ausüben, während die Gewebe, welche bei diesen beiden Processen in Anspruch genommen werden nicht einmal unmittelbar an einander grenzen, sondern durch mehrere erwachsene Zellen getrennt sind.

Bei der Vermehrung der Hyacinthen vermittelst ihrer Zwiebelschalen entstehen die Adventivknospen auf einer ganz ähnlichen Weise, wie bei *Lilium*, mit dem Unterschiede, dass sie sich aus der Rückenseite der Schale unmittelbar oberhalb der Schnittfläche bilden, und dass ihnen gegenüber keine Wurzeln aus den Zwiebelschalen entspringen. Dagegen bilden die Knospen selbst, aus ihrer Basis, sehr frühzeitig Nebenwurzeln. MAGNUS * zeigte dass grüne Hyacinthenblätter als Stecklinge gepflanzt eine Reihe von Knospen auf der Oberseite neben dem Rande der Wunde erzeugen, Wurzelbildung erwähnt er dabei nicht.

* *Abh. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg* 1873, 30 Mei; *Bot. Zeit.* 1878. pag. 765.

Wakker * scheint dagegen sowohl Knospen- als Wurzelbildung aus den Zwiebelschalen von *Fritillaria imperialis* beobachtet zu haben; in Bezug auf die Wurzelbildung sind seine Angaben aber nicht klar.

In dem einzigen Falle also, wo sich die Sache zureichend beurtheilen lässt, nämlich bei *Lilium triginum*, ist ein unverkennbarer Zusammenhang da zwischen den Entstehungsörtern der Knospen und der Wurzeln aus dem Blattorgane. Zwar sterben diese Wurzeln, wie gesagt frühzeitig und werden durch Nebenwurzeln, welche aus der Basis der Knospe entstehen, ersetzt.

KAPITEL II.

Populus alba und Rumex Acetosella — Knospen- und Wurzelstellung der Amentaceen, Urticinen und Centrospermen.

Indem ich nun zur Beschreibung einiger typischen Fälle von Wurzelknospen bei den Dicotylen übergehe, wünsche ich daran jedesmal eine kurze Uebersicht der Pflanzenarten aus den nächstverwandten Familien zu knüpfen bei welchen diese Knospen ebenfalls gefunden worden sind. Ich kann dabei nicht auf vollständigkeit Anspruch machen, denn die Sache ist überhaupt nur sehr wenig von Botanikern untersucht, ferner glaube ich, dass sich in der gärtnerischen Literatur noch manche Angaben finden werden, welche mir unbekannt geblieben sind; ich muss jedoch hervorheben, dass ich in mehr als dreissig durchsuchten Jahrgängen von „*The Gardener's Chronicle*" kaum Erhebliches gefunden habe, und ebenso war es mit willkürlich gewählten Bändern anderer ähnlichen Zeitschriften, welche ich aufgeschlagen habe. Gute Listen von Wurzelknospen tragenden Pflanzen haben Warming, † Neumann § und Irmisch ** gegeben und ich werde fernerhin oft davon Gebrauch machen. Die ausführlichste Besprechung

* Adventieve knoppen, pag. 38, Haarlem 1885.

† Bidrag, etc., *Botan. Tidskr.* R. 3. Bd. 2, 1877, pag. 52.

§ Kunst der Pflanzenvermehrung (aus dem Französischen), 4e Aufl., Weimar 1877.

** *Bot. Zeit.* 1857, pag. 433.

des Gegenstandes findet sich in einem kurzen aber inhaltreichen Aufsatz von WITTROCK, * welchen ich erst, als diese Abhandlung schon längst fertig war, durch die Freundlichkeit des Verfassers kennen lernte. Mehrere von REICHHARDT genannte Pflanzen citire ich nicht, weil die Angaben dieses Autors mir unsicher zuscheinen. Da man in der Literatur über die Knospenbildung aus Wurzeln nur sehr oberflächliche Beschreibungen findet, war es in vielen Fällen, wenn ich selbst keine Untersuchung anstellen konnte, nicht möglich zu entscheiden ob die Angaben sich auf Callusknospen oder auf normale Wurzelknospen beziehen. Mit Hinsicht auf die grosse Neigung der Dicotylenwurzeln zur Bildung von Callusknospen, werden sich wahrscheinlich nicht wenige der unten angeführten Knospen als zu dieser Categorie gehörig erweisen, so dass dieselben dann natürlich nicht zu den normalen Wurzelknospen in dem von mir gegebenen Sinne gerechnet werden können.

In mehreren der zu besprechenden Fällen werde ich den mit dem soeben genannten ganz analogen Reproductionsvorgang, nämlich die Nebenwurzelbildung aus Stengeln, kurz besprechen, um dadurch zu zeigen wie oft die Knospen die Entwickelung der Wurzeln in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft fördern, also das reciproke Verhältniss der Begünstigung der Knospenbildung durch die nächst benachbarten Wurzeln. Viele werthvolle Angaben über Nebenwurzelstellung findet man in einer Arbeit von D. CLOS niedergelegt, † worin der Verfasser sieben Monocotylen und sechs und sechsig Dicotylenfamilien gesondert betrachtet. Oft werde ich seine Beispiele, wozu ich in den meisten Fällen mehrere hätte zufügen können, benutzen.

§ 1. *Cupuliferen*, *Myricaceen und Urticaceen.*

Unter den *Cupuliferen* wird bei *Corylus Avellana*, *C. tubulosa*, *Alnus incana* und nach HARTIG auch bei *Alnus glutinosa*, ferner bei *Castanea americana* und *C. pumila* das Vorkommen von Wurzelknospen angegeben. Im Allgemeinen ist aber die vegetative Reproductionsfähigkeit in dieser Familie gering, was besonders daraus erhellt, dass selbst die Callusknospen hier selten sind, von den Eichen und Buchen z. B., ist dieses wohl bekannt. Die erwachsenen Wurzeln und Zweige

---

* V. B. WITTROCK, Ueber Wurzelsprosse bei krautartigen Gewächsen, mit besonderer Rücksicht auf ihre biologische Bedeutung. *Bot. Centralblatt* 1884, Bd. 17. (Vortrag in der Bot. Ges. zu Stockholm, 21 Nov. 1883).

† Des racines caulinaires, *Mémoires de l'Acad. des Sc. de Toulouse.* Sér. 8, T. 5, II, pg. 222, 1883.

dieser Bäume treiben auch nicht leicht neue Wurzeln, sodass Stecklingsversuche damit entweder unmöglich oder doch sehr schwierig sind. Callusknospen bilden sich viel leichter an den abgehauenen Stöcken, wie an Wurzel- oder Stammwunden; einzelne Male habe ich solche Knospen in schöner Ausbildung auf fruchtbarem Boden gefunden, und es ist merkwürdig, dass die Blätter solcher seltenen Adventivsprossungen gewöhnlich sehr eigenthümlich gestaltet sind, die der Eichen sind anfangs ganzrändig, die der Buchen tief gebuchtet. An den unterirdischen, sich aus normalen Stammknospen entwickelnden Eichenlohden bilden sich einzelne Adventivwurzeln, über deren Stellung mir nur sehr wenig bekannt ist. Bei Erlen, Haselnüssen, Birken und Kastanien habe ich oft nach Callusknospen gesucht, dieselben jedoch niemals gefunden, so dass ich glaube, dass sie hier überhaupt in der freien Natur fehlen. Auch die Neigung zur Nebenwurzelbildung ist bei diesen Pflanzen gering und die Stellungsverhältnisse dabei sind mir gänzlich unbekannt.

Keine Familie ist so geeignet wie die der Cupuliferen, um den vielfach ausgesprochenen Satz, dass Pflanzen mit leichtem und sanftem Holz immer sehr geeignet sind zur Bildung von Callus und Callusknospen, während diejenigen Arten mit schwerem und hartem Holz, diese Fähigkeit nicht besitzen sollen, zu widerlegen, denn jedenfalls eignen sich die Eichen und Buchen besser zur Bildung von Callusknospen wie die Erlen und Birken.

Als Wurzelknospen erzeugende *Myricaceën* werden angegeben *Myrica gale*, *M. cerifera* und *Comptonia asplenifolia*, wo sie jedoch nur selten gefunden werden. Unter den *Urticaceen* habe ich die folgenden Arten erwähnt gefunden: *Broussonetia papyrifera*, *Saportea pustulata*,* *Ficus Carica*, *F. Fontanesii*, *Cecropia peltata*, *Morus alba*, *M. nigra*, *Maclura*, *Ulmus campestris* und *U. effusa*.

Maclura wurde von Trécul † genauer untersucht, und er beschreibt dabei nur Callusknospen; ich selbst habe ebenfalls Stecklingsversuchen mit *Maclura aurantiaca*-Wurzeln ausgeführt und auch keine anderen wie Callusknospen gefunden. Bei *Ulmus campestris* finden sich dagegen sicher echte laterale Wurzelknospen, Näheres konnte ich darüber aber nicht ermitteln.

Die Nebenwurzeln der unterirdischen Sprosse von *Urtica dioica* und *Humulus Lupulus* sitzen in vier Reihen, welche denjenigen der Stipeln entsprechen; in den Achseln der Letzteren sind die Nebenwurzeln besonders kräftig entwickelt, woraus man schliessen muss, dass die Seitenknospen die Wurzelbildung

---

* *Bot. Jahresbericht*, 1880, 1e Abth. pag. 112.

† Trécul, *Ann. d. sc. nat. Bot.* Sér. 3, T. 8, 1847, pag. 268.

*

fördern. Aehnliche Verhältnisse beschreibt Clos für einige andere *Urticaceen.* Welcher aber der eigentliche Typus für die Nebenwurzelbildung in dieser Familie ist lässt sich noch nicht angeben; gewöhnlich scheinen die Wurzeln zwar nodal zu sein, bei manchen Arten sind sie jedoch internodial gestellt.

§ 2. *Salicineen.*

Aus dieser Familie habe ich die Knospenerzeugung bei verschiedenen Pappeln genau untersucht, ich will mit der Beschreibung davon anfangen. Grabt man eine Wurzel von *Populus alba* vorsichtig aus, so ergibt sich, dass daran drei verschiedene Zweigformen vorkommen. Man findet nämlich erstens, Wurzeln mit begrenztem Wachsthum, welche 1—3 D.M. lang werde (*rm* Fig. 2 Taf. I), dieselben endigen in einer verjüngten Spitze in deren Nähe, ziemlich dicht beisammen, 3 bis 7 Seitenwurzeln (*rl*) entspringen welche der Mutterwurzel ähnlich sind; alle diese Wurzeln besitzen Dickenwachsthum und können Gerüstwurzeln genannt werden, später bilden dieselben eine Art Sympodium, da ihre verjüngte Spitze nicht weiter in die Länge wächst. Gewöhnlich kommen nur einzelne Seitenwurzeln von jeder Generation zur Entwickelung. Aus ihnen entstehen, als zweite Wurzelform, dünne Seitenzweige, welche zwar stark verholzen, jedoch fadenförmig bleiben und nur wenige c.M. lang werden. An dieser zweiten Generation bilden sich die Wurzeln der dritten Form (*r l'*) welche sich dadurch auszeichnen, dass sie niemals ihre primäre Rinde abwerfen, sehr kurz bleiben und vermittelst des Pilzmycels, womit sie bekleidet sind, die Absorbtion aus dem Boden besorgen.

In dem Querschnitt einer Gerüstwurzel findet man im primären Zustand eine dicke Rinde von ungefähr 20 Zellschichten und im Inneren den kleinzellligen Centralcylinder. Dieser zeigt vier- bis fünf-, seltener sechsstrahligen Bau. Schon sehr bald nachdem das Dickenwachsthum begonnen ist, findet man die kleinen deltoidförmigen primären Holzbündel (*xp* Fig. 4) in Wechsellage mit ebenso vielen secundären Bündeln, welche anfangs aus vollständig durchsichtigem Holze bestehen das an die zarten Phloembündel grenzt. Das Pericambium besteht aus Zellen, welche die Endodermis berühren, und, wie überall anderswo, mit den Zellen der Letzteren alterniren.

Nachdem die primäre Rinde der Gerüstwurzeln abgeworfen und das Dickenwachsthum begonnen ist, sieht man an einigen Stellen wo sich Seitenwurzeln (*rl* Fig. 3) abzweigen, an der Basis dieser Wurzeln aus der, von Stärke strotzenden secundären Rinde der Mutterwurzel (*cs* Fig. 4) sehr eigenthümliche callusartige Wucherungen entstehen; diese wachsen schnell weiter und bilden

im Verlaufe eines oder zweier Jahre corallenartige Massen (*c l*) welche zwei bis vier cM. dick und hoch werden können. In Folge ihrer Entstehung, sitzen diese Callusgeschwülste (*c l* Fig. 4) in ebensovielen Reihen wie die Seitenwurzeln und correspondiren natürlich mit den primären Gefässplatten (*x p* Fig. 4) des Centralcylinders. Die Wurzelknospen (*g r* Fig. 3 und Fig. 4) entstehen aus diesen Calluswucherungen und zwar auf einer derartigen Weise, dass man bis zu einem gewissen Grade behaupten kann, dass der ganze Callus sich in Knospen aufzulösen versucht, wobei die Rindensubstanz desselben Blattscheidennatur annimmt (*c l* Fig. 4) und Vegetationspunkte erzeugt, während das Innere Mark und Gefässbündel hervorbringt. In Folge dieser Umwandlung entstehen die neuen Knospenvegetationspunkte oft so nahe neben einander, dass dieselben verwachsen und anfangs echte fasciirte Zweige erzeugen; später isoliren sich die Meristeme und jeder Zweig wächst dann weiter gesondert fort. Der ganze Vorgang macht den Eindruck alsob die Substanz woraus der Callus besteht mit derjenigen der Knospen sehr nahe verwandt ist; man würde sagen können: der Callus ist eine ungeförmte Knospenmasse, ein Thallusgebilde, welches sich allmählich zu gesonderten Knospen individualisiren kann. Dass man aus diesem Callus bei anderem Pflanzen, bisweilen anstatt Knospen Wurzeln entstehen sieht, wie ich das z. B. am Unterende von Wurzelscheiben von *Cichorium Intybus* beobachtet habe, muss aus der nahen Verwandtschaft zwischen Knospen und Wurzeln erklärt werden, — eine Verwandtschaft, welche so gross ist, dass die Anlagen der Einen in die der Anderen übergehen können unter dem Einfluss von Umständen, welche eben für die Entwicklung des ungleichnamigen Organes begünstigend sind.

Auf einem Querschnitte (Fig. 4) kann man leicht sehen, dass der Callus (*c l*) unserer Pappel sowohl mit der Seitenwurzel (*r l*) wie mit der secundären Mutterwurzelrinde (*c s*) zusammenhängt. Die primären Gefässplatten der letzteren (*x p*) sind in ummittelbarer Verbindung mit dem Axencylinder (*a x*) der Nebenwurzel, deren Cambiumschicht in diejenige (*c b*) der Mutterwurzel übergeht.

Wurzelknospen, welche unabhängig von Callus wären, habe ich nicht gesehen, dagegen ist es oft nicht möglich neben dem Callus die Seitenwurzel zu finden; man hat jedoch allen Grund zur Annahme, dass dieselbe stets da gewesen ist, da der Callus sich niemals ausserhalb der vier, fünf oder sechs Seitenwurzelreihen vorfindet.

Rindenwunden an noch mit der Mutterpflanze verbundenen Wurzeln zeigen sehr wenig Neigung zur Knospenerzeugung.

Bei *Populus italica* (Fig. 5) und *P. tremula*, besonders bei letzterer Art, sind Wurzelknospen bekanntlich sehr allgemein. Dieselben (*g r*) kommen entweder vereinzelt oder in kleinen Gruppen von zwei bis drei genau auf der

Basis der Seitenwurzeln (*r l*) vor. Diese letzteren sitzen aber mitten zwischen zwei ziemlich kleinen quer verlaufenden Calluswucherungen (*c l*), welche ihren Ursprung dem Rindenrisse verdanken, welcher bei der Seitenwurzelbildung entsteht. Ob dieser, an Wurzeln so allgemein vorkommender Callus, die Knospenerzeugung begünstigt und ob man annehmen kann, dass die Knospen von *P. tremula* und *P. italica* als abgeleitet von den echten Callusknospen von *Populus alba* aufgefasst werden müssen, konnte ich nicht entscheiden. — Vieles scheint zwar für eine solche Auffassung zu sprechen aber auch Vieles lässt sich dagegen anführen.

Die Pappeln haben grosse Fähigkeit an den Stöcken abgehauener Stämme Callusknospen zu erzeugen; je niedriger die Wundfläche beim Boden, je leichter die Knospen daran entstehen, und umgekehrt, je höher am Stamme oder an den Zweigen der Schnitt vorkommt, dessto weniger Knospen bilden sich aus dem Wundrande desselben. Es scheint mir dieses auf einem Zusammenhang der Knospenbildung mit der Druckkraft der Wurzeln hinzuweisen, und ich sehe in der genannten Abnahme ein Maas zur Beurtheilung der Verminderung der Druckkraft des Stammes mit der Entfernung von den Wurzeln.

In Bezug auf die Weiden habe ich mehrfach angegeben gefunden, dass sie Wurzelknospen erzeugen; an den verschiedensten Standorten habe ich danach gesucht, dieselben jedoch nicht finden können; jedenfalls ist die Befähigung der Weidenwurzeln zur Knospenbildung gering, und dieses gilt auch für die erwachsenen Stämme und Zweige, denn es ist nicht leicht kräftige Knospengruppen auf dem Callus dieser Theile zu finden; vereinzelte Knospen kommen zwar an den Wunden am Oberende eingepflanzter Setzlinge von *Salix alba* dann und wann zur Ausbildung. Auf die Entwickelung der Adventivknospen aus den sogenannten Knospenkernen werde ich später, am Ende dieser Abhandlung noch zurückkommen.

Die Nebenwurzeln vieler, möglicherweise aller Weidenarten, wie z. B. von *Salix caprea*, *S. alba*, *S. amygdalina*, *S. herbacea*, *S. reticulata*, *S. retusa* und *S. repens* * sitzen stets in der Nachbarschaft der Seitenknospen und zwar gewöhnlich an fünf Stellen, in einem Zirkel mit der Knospe zum Mittelpunkte, derweise, dass beinahe, aber nicht genau, oberhalb der Knospe eine Wurzel vorkommt, ferner, beiderseits von der Knospe eine und beiderseits, aber etwas unterhalb der Blattinsertion die zwei letzten. † Professor Hugo de Vries machte

* Andere Arten habe ich in dieser Beziehung nicht untersucht.

† Eine Figur gibt Vöchting, *Organbildung*. Th. I, 1878, pag. 24.

mich darauf aufmerksam, dass die genannten Stellen eigentlich eine kurze Verticalreihe von Wurzelanlagen tragen, was aber erst ersichtlich ist, wenn man dicke Weidenzweige zur Wurzelbildung hinstellt.

Da die Adventivwurzeln der Weiden schon in ganz geringer Entfernung von den Vegetationspunkten bemerkbar sind, obschon dieselben nicht aus dem eigentlichen Meristem entstehen, muss man schliessen, dass ihre Stellung durch diejenige der Seitenknospen bestimmt wird.

§ 3. *Rumex Acetosella. Nebenwurzelstellung bei den Caryophyllaceen.*

Rumex Acetosella ist die einzige mir bekannte Pflanze aus der Gruppe der Centrospermen, welche Wurzelknospen erzeugt. A. BRAUN scheint der erste Beobachter derselben gewesen zu sein, * später sind sie oft genannt, niemals aber noch genau untersucht worden. †

Keimpflanzen des kleinen Ampfers findet man weniger leicht als wie man auf Grund der Allgemeinheit dieser Art erwarten möchte, so dass man gezwungen ist auf eine gewisse sexuelle Reproductionsschwäche dieser diöcischen Pflanze zu schliessen. Inzwischen gelingt es doch, besonders auf sandigen Kartoffeläckern dann und wann Keimlingen zu begegnen. Diese tragen sofort oberhalb der schmalen Samenlappen eine kleine Rosette von dicht gedrängten länglichen Blättchen von welchen die unteren etwas breiter, übrigens den Samenlappen ähnlich sind; etwas höher werden sie dreieckig und schliesslich kommen daran die beiden oder eine der basalen Spreitenlappen zur Entwicklung. Aus der Basis der Rosette, oberhalb der Samenlappen, brechen viele Nebenwurzeln nach aussen, deren genaue Stellung ich vergebens zu ermitteln suchte. Das Hypocotyl ist sehr kurz und verliert, eben wie die Wurzeln, sehr frühzeitig die primäre Rinde; echte hypocotylische Knospen fehlen. Die Hauptwurzel entwickelt sich kräftig und sendet horizontal verlaufende Seitenwurzeln aus, welche sehr nahe bei der Oberfläche des Bodens vorkommen. Der innere Bau dieser Wurzeln ist zwar der normale, aber die Zahl der Holz- und Phloembündel im Centralcylinder ist verschieden und variirt zwischen zwei und fünf, die gewöhnlichen Zahlen sind zwei und vier. Die primäre Rinde, welche sehr dünn ist und an den zweizähligen Wurzeln aus drei Zellschichten besteht, wird, nur mit Ausnahme der Endodermis, welche an der Peridermbildung theilnimmt, auch von

---

* *Verjüngung*, pag. 22, 1849.

† Wie ich später gelesen habe fand WITTROCK (l. c.) normale Wurzelknospen auf den Wurzeln von *Rumex sanguineus*, wo dieselben sich bilden in Folge der Entfernung der oberirdischen Theile.

den Seitenwurzeln frühzeitig gänzlich abgeworfen oder klebt dem Centralcylinder lange Zeit als dünnes braunes Häutchen im abgestorbenem Zustande an.

Schon die Hauptwurzel erzeugt bei vielen Keimpflanzen einige Knospen, welche in den Oberachseln der Seitenwurzeln sitzen und sich desshalb in Bezug auf diese Wurzeln gerade so verhalten, wie gewöhnliche Seitenknospen zu ihren Tragblättern. Bezüglich der Wachsthumsrichtung des ganzen Organes haben diese Knospen natürlich den entgegengesetzten Stand zur Seitenwurzel, wie die Stengelknospen zu ihrem Blatte. Da diese Regel wie wir sehen werden bei vielen Pflanzen mit Wurzelknospen zurückkehrt, halte ich dieselbe für nicht unwichtig.

Die Seitenwurzeln und die älteren Nebenwurzeln sind viel reicher an Knospen wie die Hauptwurzel. Ehe wir deren Entstehung und Stellung betrachten, mögen einige Bemerkungen über die normale Wurzelverzweigung vorausgehen.

In Fig. 6 Taf. I sieht man die Spitze einer kräftigen zweizeiligen Seitenwurzel; dieselbe ist so dünn wie ein Faden. Die primäre Rinde (*cp*) bekleidet das Ganze nicht mehr, sondern ist bei *cs*, wo man die secundäre Rinde schon sieht, abgeworfen. Eine merkwürdige, jedoch auch bei anderen Dicotylen verbreitete Eigenschaft unserer Pflanze besteht darin, dass die Seitenwurzeln entweder vereinzelt, oder in kurzen Reihen von zwei ($r\,l^1$ und $r\,l_1$) oder drei Stück ($r\,l_1$, $r\,l^1$ und $r\,l_1$) hinter einander gestellt sind In diesen kurzen Reihen sind die Seitenwurzeln alle von der ersten Ordnung, da jede sich nur ausschliesslich aus dem Gewebe der Mutterwurzel bildet. Die Tiefe in welcher sie aus der Letzteren entstehen, kann aber verschieden sein, und immer müssen die jüngsten Glieder der kleinen Gruppen einige Zellschichten der secundären Rinde der Mutterwurzel, also das Periderm zerreissen um nach aussen zu kommen, während die älteste Wurzel sich in gewohnter Weise aus der Oberfläche des Centralcylinders entwickelt hat und desshalb nur die primäre Rinde durchbohren musste. In den zweizähligen Gruppen sitzt die älteste Wurzel ($r\,l^1$) gewöhnlich von der fortwachsenden Spitze des Mutterorganes abgekehrt, die jüngere Wurzel ($r\,l_1$) desshalb in ihrer „Unterachsel", bei Dreizahl sitzt Erstere ($r\,l^1$) in der Mitte und die zuerst entstandene der beiden jüngeren Wurzeln ($r\,l_1$) dem Vegetationspunkte der Mutterwurzel zugekehrt.

Die Knospenerzeugung wird von diesen Wurzeln unter augenscheinlich durchaus normalen Verhältnissen vollzogen, obschon dieselbe unzweifelhaft durch Zerschneiden der Wurzeln, so wie durch bestimmte andere Verwundungen gefördert wird. Die Knospen besitzen eine durchaus constante Stellung, welche sich an den jungen fadendünnen Wurzeln (*gr* Fig. 7) unmittelbar feststellen lässt, bei den älteren, durch secundäres Wachsthum veränderten (*gr* Fig. 11), dagegen erst bei einer mikroskopischen Untersuchung beobachtet werden kann.

Jedenfalls findet man, dass die Knospe unmittelbar neben einer Seitenwurzel sitzt, und eine jüngere Wurzel in den oben betrachteten Wurzelgruppen ersetzt. Desshalb kann es vorkommen, und dieses ist der gewöhnliche Fall, dass die Knospe allein steht in der „Oberachsel" der Seitenwurzel (*r l* Fig. 7), also von der fortwachsenden Spitze der Mutterwurzel abgekehrt, oder, seltener, in der „Unterachsel" der Seitenwurzel. Und ferner, was zwar weniger allgemein ist jedoch durchaus nicht selten genannt werden kann, können zwei Knospen zu gleicher Zeit, die eine oben die andere unten und neben der Seitenwurzelbasis vorkommen; bisweilen findet man daselbst eine Dreizahl von Knospen, welche auch dann immer in einer Längsreihe angeordnet sind. Jede dieser Knospen ersetzt offenbar eine Seitenwurzel nachträglicher Entstehung, und in Uebereinstimmung damit muss sie eine dünne Peridermschicht zerreissen um nach aussen zu kommen; sie ist also später entstanden, wie die Seitenwurzel neben welcher sie sich befindet, nicht wie diese aus dem primären Pericambium der Mutterwurzel hervorgegangen, und muss bei ihrer Bildung offenbar durch diese Seitenwurzel ihrer unmittelbaren Nachbarschaft beeinflusst werden. Kommen die Knospen nicht sofort nach ihrer Entstehung zur Entfaltung, so veranlasst das Dickenwachsthum der Mutterwurzel, dass sie ziemlich tief im Innern der Letzteren begraben werden (*g r* Fig. 11), denn die Peridermschicht (*p d*) wächst vermittelst eines Meristemes, welches ausserhalb der Knospe liegt. In solchen dicken Wurzeln kann man aber noch immer leicht den Zusammenhang der Knospen mit den primären Markstrahlen, so wie den Uebergang des Cambiums (*c b*) und des secundären Holzes (*x s*) der Wurzel, in die gleichnamigen Theile der Knospe beobachten. Für solche Untersuchungen müssen die stärkereichen Präparate zuvor auf irgend einer Weise durchsichtig gemacht werden; bei der Behandlung mit Kali entsteht dabei die bekannte schöne rothbraune Färbung. — Die anfängliche Blattstellung der Wurzelknospen ist immer die nämliche: das erste Blatt, welches ein farbloses Niederblatt ist, ist mit seinem Rückennerven der Seitenwurzel zugekehrt, und auch hieraus ergibt sich der Einfluss dieser Seitenwurzel auf den Vorgang der Knospenbildung. Das zweite Blatt, das zwar auch noch ein Niederblatt sein kann, jedoch gewöhnlich grün ist, ist höher inserirt und dem Ersteren gegenübergestellt. Diese und die nächstfolgenden Blätter bilden eine Rosette (Fig. 7) derjenigen der Keimpflanze nicht unähnlich; bald brechen aus der Basis derselben Adventivwurzeln (*r a* Fig. 7) nach aussen.

An Wurzelstücken, welche zu einer geeigneten Zeit unter günstigen Wachsthumsbedingungen gebracht wurden, habe ich im Mai und Juni 1882 sehr eigenthümliche Veränderungen von Knospenanlagen in Wurzeln beobachtet, welche ich nun beschreiben will.

In den Figuren 8, 9 und 10 sieht man solche Uebergangsbildungen dargestellt. Ich fand dieselben in der Nähe der Wundflächen, welche dem abgeschnittenen Vegetationspunkt der Mutterwurzel (*r m* Fig. 8) am nächsten waren, und es war offenbar diese eigenthümliche Stellung am Unterende, welche die Wurzelerzeugung derweise begünstigt hatte, dass schon vorhandene Knospen eine so eigenthümliche Rückbildung erfahren konnten. Dass die neugebildeten Wurzeln ($r\,l_1$ Fig. 8) wirklich aus Knospen entstanden waren, ging schon daraus hervor, dass sie an ihrer Basis ein oder zwei Blättchen trugen (*v b* und f^1), wovon das Eine der älteren Seitenwurzel ($r\,l^1$) zugekehrt war. Besser noch als durch die äussere Betrachtung liess sich der Sachverhalt durch Längs- und Querschnitte feststellen. In einem Längsschnitt eines Uebergangsgebildes ($r l_1$ Fig. 9), war es leicht Wurzelmütze (*w m*) und Wurzelhaare am Unterende, und ein Vorblatt (*v b*), welches der älteren Seitenwurzel ($r l^1$) zugewendet war, am Oberende zu beobachten, und zu sehen, dass bei der ersten Entstehung der Mittelbildung, eben wie bei der gewöhnlichen Entfaltung einer späteren Seitenwurzel oder einer Knospe, die secundäre Rinde (*c s*) aufgerissen war. In den successiven Querschnitten (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, Fig. 10), war die Grenze des Centralcylinders * von oben bis unten sehr deutlich zu verfolgen, Letzterer hatte nahe der Spitze den gewöhnlichen biradialen Bau, nahe der Mutterwurzel hatten die beiden Gefässplatten sich von einander entfernt und, in Folge einer Drehung, ihre breiten Seiten einander zugekehrt, wodurch eine Markmasse entstanden war; die Uebergangsstelle der Blattspur in den Centralcylinder war tief unten gelegen.

Resumiren wir kurz die bei *Rumex Acetosella* gefundenen Verhältnisse, so ergibt sich als Hauptresultat, dass die Wurzelknospen hier aus Seitenwurzelanlagen entstehen, und dass die jungen Knospenanlagen wieder in Wurzeln zurückverwandelt werden können durch Einflüsse, welche die Wurzelbildung begünstigen, wie z. B. die Stellung am Unterende von Wurzelstücken, welche aus sprossenden Wurzeln ausgeschnitten sind.

Da die Stengel von *Rumex Acetosella* mit verlängerten Internodien keine Wurzeln erzeugen, und die Stellung der Nebenwurzeln, welche aus den Blätterrosetten entstehen, wie schon früher erwähnt, sehr schwierig festzustellen ist, vermag ich nicht anzugeben, ob die Seitenknospen einen Einfluss auf die Entstehung der Wurzeln ausüben; allein soviel steht fest, dass hier, wie überall anders, die Knospen bei ihrer Entfaltung an ihrer Basis sehr ausgiebig Wurzeln produziren.

Bei anderen Polygoneen ist die nodale Stellung der Nebenwurzeln ziemlich

* Die Rumexstengel eignen sich besonders gut zur Demonstration des Centralcylinders.

allgemein. Bei *Polygonum Persicaria* sitzen die Wurzeln etwas unterhalb der Blattinsertion in zwei kleinen, 3—4 zähligen Querreihen rechts und links von der Knospe, die Glieder dieser Reihen werden dessto mächtiger je näher sie sich bei der Knospe befinden. Bei anderen Arten durchbohren die Wurzeln den Blattgrund, was auf einen supra-nodalen Ursprung hinweist, bei den zierlichen Muehlenbeckien geschieht dieses genau unterhalb der Knospen, sodass die Adventivwurzeln hier eher als Producte der Seitenknospen, wie des Mutterstengels aufgefasst werden müssen.

In der verwandten Familie der Caryophyllaceen ist es Regel die Nebenwurzeln unmittelbar neben den Seitenknospen zu finden, sei es in deren Achseln wie bei *Stellaria Holostea* und *Saponaria officinalis* oder seitlich zu denselben gestellt wie bei *Stellaria media*, *Gypsophila* und *Cerastium*, oder unterhalb der Knospe, wie es ebenfalls bei *Gypsophila* vorkommt. Die anatomischen Präparate der Verbindungsstellen der Nebenwurzeln mit den Seitenknospen sind bei diesen Pflanzen sehr interessant. *Malachium aquaticum*, welches auf jedem Knoten 5 Nebenwurzeln erzeugt, die eben so genau in der Zweigachsel sitzen wie der Zweig in der Achsel des Blattes, ist bei seinem grosszelligen Bau besonders für die Untersuchung zu empfehlen.

KAPITEL III.

Anemone sylvestris — Brassica oleracea — Nasturtium sylvestre — Alliaria officinalis — Cochlearia Armoracia — Knospenerzeugende Blätter bei Cruciferen.

§ 1. *Anemone sylvestris.*

Es gibt wenige Pflanzen mit Wurzelknospen bei welchen eine so grosse Mannigfaltigkeit in der Stellung der Letzteren vorkommt, wie bei dieser Art (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* Fig. 12 Taf. I); das Einzige was allen diesen Knospen stets gemeinsam ist, besteht darin dass sie sich niemals ausserhalb der Reihen der zweizeilig angeordneten Seitenwurzeln befinden. Uebrigens gehören dieselben zu zwei Categorien, nämlich erstens, zu einer solchen bei welcher sie sich auf der Basis einer Seitenwurzel befinden und zweitens, zu einer bei welcher sie die Stelle einer Seitenwurzel einnehmen. Da es nun vorkommen kann, dass die Seiten-

*

wurzeln entweder allein stehen, oder, auf einer ähnlichen Weise wie bei *Rumex Acetosella*, zu zweigliedrigen Reihen (*r l*¹ und *r l*² Fig. 12) vereinigt, findet man auch diejenigen Knospen, welche eine Seitenwurzel ersetzen, entweder gesondert oder in den Nebenwurzelachseln gestellt.

Wie bei den meisten krautartigen Ranunculaceen, verlieren auch die Wurzeln von *Anemone sylvestris* ihre primäre Rinde (*cp* Fig. 13 Taf. II) niemals, oder doch erst sehr spät, was unzweifelhaft mit dem ausserordentlich geringen Dickenzuwachs dieser Wurzeln zusammenhängt. Da die Wurzelknospen, ähnlich wie die Seitenwurzeln, aus dem Pericambium des Centralcylinders entstehen (*gr*¹ Fig. 13 Taf. II), müssen dieselben später, um nach aussen zu kommen, die primäre Rinde zerreissen (*gr* Fig. 13). Nur die Endodermis scheint an der Knospenbildung betheiligt zu sein, nicht die übrigen Schichten der primären Rinde, worin sich aber überall Theilungswände nachweisen lassen.

Der Centralcylinder der Wurzel von *Anemone sylvestris* ist grosszellig, er ist bekleidet mit einer Pericambiumschicht, deren Zellen, wie gewöhnlich, mit den Zellen der Endodermis abwechseln. Die zwei Gefässplatten sind einfach und berühren einander in der Mitte.

Ob die Knospen, wie für die Seitenwurzeln erster Ordnung bei den meisten Pflanzen angenommen wird, in acropetaler Ordnung entstehen, vermochte ich nicht zu entscheiden; sich in einer solchen Reihenfolge entfalten, thun sie sicher nicht, denn ich habe zwischen wohl ausgebildeten Knospen sehr junge Anlagen angetroffen. Solche erste Entwicklungszustände findet man am Leichtesten, an den eigenthümlichen, angeschwollenen, braun behaarten Stellen (*b h* Fig. 12), welche an allen Wurzeln von *Anemone sylvestris* und *A. japonica* gefunden werden, und welche dadurch characterisirt sind, dass die Wurzelhaare dort niemals verschwinden, während der übrige Wurzelkörper allmählig vollständig kahl wird.

Bei *Anemone japonica* fand ich im Allgemeinen ähnliche Verhältnisse, wie bei *A. sylvestris*; bei ersterer Art besitzen die Wurzeln jedoch ein kräftigeres Dickenwachsthum und bilden holzige Stämmchen von schwarzer Farbe; solche alte Wurzeln tragen überall Wurzelknospen von sehr verschiedener Ausbildung, welche stets in zwei Reihen angeordnet sind, die mit den beiden breiten primären Markstrahlen correspondiren. Alle diese Knospen sind schon sehr frühzeitig aus den Wurzeln entstanden, und zwar zu einer Zeit als diese noch ihre primäre Structur besassen. Die meisten gehen für immer in den Ruhezustand über.

Die Wurzelknospen von *Anemone* wurden von IRMISCH entdeckt, * und er

---

* *Bot. Zeit.*, 1851, N⁰. 21, 1856, pag. 8, Fig. 39, Taf. I.

bildet eine Keimpflanze von *Anemone sylvestris* ab, welche viele solche Knospen auf der Hauptwurzel und auf einer Seitenwurzel trägt.

Die anderen mir bekannten Ranunculaceen mit Wurzelknospen sind, ausser der schon genannten *Anemone japonica*, die folgenden: *Aconitum japonicum* * und *Aconitum Lycoctonum*, *Paeonia arborea* und *Xanthorhiza apiifolia* (nach Warming).

Hypocotylische Knospen werden nach Royer † bei *Anemone Pulsatilla* und *Aquilegia vulgaris* gefunden. Bei letzterer Art habe ich jedoch vergebens danach gesucht.

In den anverwandten Familien sind Wurzelknospen bekannt bei *Berberis* und *Mahonia*, bei *Menispermum canadense*, bei *Magnolia obovata* und bei *Calycanthus*.

Nebenwurzelstellung bei den Ranunculaceen. Manche Ranunculaceen zeigen einen unzweifelhaften Einfluss der Seitenknospen auf die Nebenwurzelstellung. Für knollenerzeugende Formen wie *Ficaria ranunculoides* ist dieses schon beim ersten Anblick deutlich. Bei *Ranunculus repens* und anderen Arten dieser Gattung, findet man eine entschiedene Annäherung der nodalen Wurzeln an die Insertionsstellen der Knospen oder Seitenzweige, obschon es sich nicht widerlegen lässt, dass diese nicht überall deutlich ist. Bei der anatomischen Untersuchung der Knoten von *Ranunculus repens* fand ich eine Gefässbündelverbindung zwischen dem Centralcylinder der Seitenknospe und demjenigen der Nebenwurzeln, selbst wenn diese mehr als 90° von jener entfernt vorkamen. Bei vielen, möglicherweise allen Clematisarten sind die Adventivwurzeln blattachselständig, und gehören, wie man würde sagen können, den Seitenknospen an, womit sie, da sie vereinzelt in den Blattwinkeln stehen „Pseudo-embryonen" darstellen. Die Thalictren, deren Nebenwurzeln gewöhnlich ringsum die Knoten angeordnet sind, zeigen bei der Ansatzstelle ihrer unterirdischen Sprosse eine Wurzelgruppe, welche offenbar unter dem Einfluss dieser Sprosse entstanden ist. Clos bemerkt in Bezug ouf *Myosurus minimus*, dass die Zahl der Blüthenstiele übereinstimmt mit derjenigen der Nebenwurzeln der Blattrosette, so dass jeder Zweig seine eigene Wurzel zu besitzen scheint. § Bei den von mir untersuchten *Anemonen* konnte ich keine deutliche Regel auffinden; ich zweifle jedoch nicht, dass weitere Beobachtungen noch bei vielen Ranunculaceen den erwähnten Zusammenhang werden aufdecken.

---

* De Lanessan, *Bullet. de la Soc. Linn. de Paris*, 1876, 2 Aug.

† Flore de la Côte d'Or, Paris 1881, Vol I, pag. 71.

§ Clos, Racines caulinaires, Sep. pag. 25.

§ 2. *Brassica oleracea.*

Bei den durch Kreuzung entstandenen Kohlvarietäten bemerkt man oft eine, sich in verschiedenen Richtungen äusserende ausserordentlich üppige Reproductionsfähigkeit. Es entstehen nämlich bei diesen Pflanzen, leichter wie bei den unvermischten Racen, erstens, die wohlbekannten eigenthümlichen Blattgewächse und Becher auf der Blattoberseite; zweitens, Markwurzeln aus dem secundären inneren Phloemring, welcher bei einigen dickstengeligen Sorten (Kuhkohl), sich so oft ringsum die durch Gewebezerreissung entstandene innere Markhohlung bildet, und drittens, Wurzelknospen. Die letzteren sah ich zum ersten Male an Wurzeln von ausgerissenen, frei auf dem Acker liegenden rothen Kohlpflanzen, welche durch ihre leichtere Farbe, unvollständige Schliessung und durch ihre Blattform sich von der reinen umherstehenden Sorte als Kreuzungsproducte unterschieden. Später gelang es mir Wurzelknospen künstlich zu erzeugen bei einer gewöhnlichen Blattkohlvarietät, welche durch Kreuzung zweier nahe verwandter Blattkohlracen entstanden war und von mir während längerer Zeit gezüchtet war, weil dieselbe ausserordentlich schöne Anhangsgebilde auf ihren Blättern erzeugte. Ich hatte diese Pflanzen umgekehrt und schief in fruchtbare Erde eingesetzt, wobei die frei in der Luft ragenden Wurzeln, sich grün färbten und eine ansehnliche Anzahl von Knospen erzeugten. Die Thatsache ist dadurch besonders auffällig, dass die unterirdischen Stengel durchaus keine Neigung zur Wurzelerzeugung besitzen, und überdies die geringe Lebensdauer der Kohlarten kaum Wurzelknospen erwarten lässt.

Wie bei allen übrigen mir bekannten Cruciferen sind die Kohlwurzeln zweistrahlig, und tragen zwei Reihen von Seitenwurzeln. In diesen Reihen sind die Letzteren zu kleinen Gruppen von zwei bis vier Stück vereinigt (*rl*, rl^1, rl^2, Fig. 14 Taf. II) welche scheinbar neben einander aus einem kleinen schmalen in der Quere gestreckten linsenförmigen Callus (*c l*), welcher der Mutterwurzel aufsitzt hervorgehen, bei mikroskopischer Untersuchung sich jedoch als eine einzige Seitenwurzel mit zwei oder drei Seitenzweigen erkennen lassen. Ich finde, dass andere fleischige Wurzeln, wie die von *Pastinaca sativa*, *Daucus Carota*, *Tragopogon porrifolius*, *Scorzonera hispanica*, und anderen Arten, sich auf der nämlichen Weise verzweigen, und zahlreiche Stecklingsversuche mit allerlei Pflanzen haben mich gelehrt, dass die normale Wurzelerzeugung aus anderen Wurzeln beinahe immer nach dieser Regel zustande kommt, das heisst, dass die neuen Seitenwurzeln Verzweigungsproducte schon vorhandener Seitenwurzeln sind, an deren basalem, in der Rinde der Mutterwurzel vergrabenem Ende sie entstehen. Da auch die Seitenwurzeln zweiter Ordnung, für so weit sie innerhalb

der Mutterwurzelrinde sitzen sich ihrerseits wieder verästelen, bilden sich kleine dendritische Zweigsysteme, die aber vollständig mit den Geweben der Mutterwurzel verwachsen sind und erst bei mikroskopischer Untersuchung verständlich werden.* Bei den Kohlarten liegen die Verzweigungen, für so weit sie äusserlich sichtbar sind, alle ungefähr in der nämlichen Ebene, welche die Seitenwurzeln ersten Ranges enthält und senkrecht zur Achse der Mutterwurzel gestellt ist (Fig. 14), bei anderen Pflanzenarten ist dies zwar oft, jedoch durchaus nicht überall ebenso. Bei *Brassica* findet man bei genauerer Untersuchung, dass diese Stellung eigentlich secundär, muthmaasslich durch ungleiche Widerstandsfähigkeit der zu durchbohrenden Gewebe bedingt ist, denn die inneren Zweigsysteme tragen ihre Wurzeln auf allen Seiten. Viele der kleinen Seitenzweigchen brechen erst bei Verwundung oder nach Entfernung der Spitze aus der Wurzel hervor, sie sind es ebenfalls aus welchen bei den Kohlpflanzen Wurzelknospen entstehen können obschon diese letzteren hier mehrentheils echte Callusknospen sind.

Dass die Wurzelknospen, so wohl beim rothen Kohl wie beim Blattkohl, jedenfalls hauptsächlich Erzeugnisse von Lateralcallus sind, geht schon aus der grossen Anzahl derselben, welche auf einem einzelnen Callus sitzen können (*gr* Fig. 15 und Fig. 17) deutlich hervor, und weiter wird dieses dadurch bewiesen, dass eine Gefässbündelverbindung zwischen denselben und dem Holzkörper der Mutterwurzel in Uebereinstimmung mit der parenchymatischen Natur des Callusgewebes und der exogenen Bildung der Knospen daraus, † anfangs noch nicht besteht. Wie deutlich diese Erscheinungen nun auch bei vielen dieser Knospen sein mögen, so gibt es doch Gründe, um auch bei *Brassica* die Callusknospen, wenigstens zum Theile in nahem Zusammenhang mit Wurzelanlagen zu bringen. Vorerst finden sich auf dem reichlich mit Knospen besetzten Callus zu gleicher Zeit ungewöhnlich viel Wurzelanlagen, welche genau die nämliche Stellung wie die Knospen selbst, also den Rand des Callus einnehmen und nur etwas tiefer im Inneren entstehen; ferner fand ich auf dem Callus und auch auf der Basis der Seitenwurzeln, etwas ausserhalb des Körpers der Mutterwurzel (gr^1 Fig. 15) junge Knospen, welche unterhalb einer Bekleidung, welche ich nur für eine Wurzelmütze (*wm* Fig. 18) halten konnte, anfingen Blattanlagen zu erzeugen (die Figur 18 zeigt ein Stadium wo die Wurzelmütze im Begriff war abgeworfen zu werden). Sehr schön sah ich solche Mittelstufen bei

---

* Man vergl. auch O. BLOCH, Verzweigung fleischiger Phanerogamenwurzeln, Berlin 1880.

† Callusknospen entstehen beinahe immer exogen, das heisst unmittelbar unterhalb der todten Korkzellen; es gilt dieses so wohl für Wurzel-, wie für Stengel- und Blattcallus. Nur bei *Solanum Dulcamara* entstehen die callusbürtigen normalen lateralen Wurzelknospen tiefer im Callusgewebe.

rothem Kohl, welcher die Eigenschaft besitzt, dass ihre Knospen roth sind, selbst schon die noch nicht differenzirten Vegetationspunkte, während ihre Wurzelanlagen durchaus farblos sind.

Ich fand die auf der Seitenwurzelbasis vorkommenden Knospen (Fig. 18) nicht immer in den Reihen der Seitenwurzeln der zweiten Ordnung; dieses mag damit zusammenhängen, dass die primäre Structur der von mir untersuchten knospenerzeugenden Seitenwurzeln schon durch Dickenwachsthum verändert war und die Entstehung der Knospen bei *Brassica*, wie wir gesehen haben, nicht unzertrennlich mit der Seitenwurzelbildung zusammenhängt, sondern durch andere Factoren, z. B. die Callusbildung, sehr beeinflusst wird. Immerhin bleibt diese abweichende Stellung jedoch bemerkenswerth, im Vergleich mit der Allgemeinheit der bezeichneten Coincidenz in denjenigen Fällen, worin nicht die Basis sondern andere Stellen der Seitenwurzeln Knospen tragen.

Wie im Anfang dieses Paragrafen schon bemerkt wurde, steigert die Kreuzung die Fähigkeit der Wurzeln zur Knospenerzeugung. Schöne Beispiele davon sind vor Kurzem durch Lund und Kiaerskow publizirt. * Sie führten die folgenden Kreuzungen aus: Gewöhnlicher gelber Rutabaga (*Brassica Napus*) ♀ × Runder weisser Markturnips (*Brassica Rapa*) ♂ oder umgekehrt, und Gewöhnlicher gelber Rutabaga ♀ × Teltauer Rübe (*Br. Rapa*) ♂ oder umgekehrt. In allen diesen Fällen entstanden Bastarde mit einer grossen Zahl von kleinen adventivknospenführenden Knöllchen auf ihren Wurzeln. Im Sommer 1879 cultivirten sie davon 44 Exemplaren. Die vielbesprochene Reitenbach'sche Wruke von Caspary, ist ein solcher Bastard; Caspary hat dieselbe schon in vier Generationen aus den Knöllchen fortgezüchtet, was merkwürdig ist, wenn man an die zweijährige Lebensdauer von Kohlrübe und Turnips denkt.

Bei der Bastardirung von zwei zu *Brassica Napus* und *Br. Rapa* gehörigen Formen, von welchen nur die eine eine Wurzelknolle besitzt, entstehen Bastarde, welche etwas seltener wie im vorigen Falle Beiknöllchen mit Adventivknospen auf ihren Wurzeln erzeugen; im Sommer von 1879 fanden Lund und Kiaerskow diese Gebilde z. B. bei 25 von 32 Exemplaren. Bei den Bastarden zwischen zwei knollenfreien Formen schwillt die Hauptwurzel zwar zu einer Knolle an, darauf sind Knöllchen mit Adventivknospen jedoch sehr selten; die knospenführende Wurzel eines einzelnen Exemplares eines solchen Bastardes zwischen Sommerrübsen und Winterraps findet sich unter den Spirituspräparaten im bot. Museum zu Kopenhagen.

---

* Morfologisk anatomisk Beskrivelse af *Brassica oleracea, B. campestris* og *B. Napus*, Kopenhagen 1885, pag. 124.

Da die *Napus-Rapa*bastarde alle ziemlich vollkommen steril sind, sowohl bei Kreuzung mit anderen Individuen der nämlichen Form, wie mit Mutter- und Vaterform, kann man die Entstehung der Wurzelknospen in diesem Falle als correlativ mit der Sterilität betrachten.

§ 3. *Nasturtium sylvestre.*

In Bezug auf diese Pflanze bemerkt IRMISCH: * „Auf fast allen Wurzelverzweigungen, die hier ganz flach unter dem Boden liegen und meistens sehr lang werden, brechen die Adventivknospen hervor die frühzeitig in Blattrosetten auswachsen, oft sind die Wurzeln ganz überdeckt von solchen Knospen und man findet diese selbst auf den ganz dünnen, kaum einen Zwirnfaden starken Verästelungen der Wurzeln." Selbst die Hauptwurzel der Keimlinge ist schon reichlich mit Sprossknospen versehen. IRMISCH fand in seltenen Fällen Wurzelknospen bei *Nasturtium amphibium*, wo ich dieselben vergebens suchte, und BRAUN nennt noch in dieser Beziehung *N. pyrenaicum.* †

In Uebereinstimmung mit der allgemeinen Cruciferenregel sind die Wurzeln von *Nasturtium* biradial gebaut, und mit zwei Seitenwurzelreihen bedeckt, sie verlieren früh ihre primäre Rinde und erfahren ein kräftiges Dickenwachsthum, wodurch eine dicke sehr stärkereiche secundäre Rinde entsteht, worin weite Siebgefässe zerstreut liegen. Die Seitenwurzeln besitzen eine ähnliche Stellung wie bei *Brassica*, das heisst sie sind in Gruppen vereinigt deren primäres Glied sich an die primäre Gefässplatte im Inneren der Mutterwurzel ansetzt, während die anderen, secundären, aus der in der Rinde der Mutterwurzel (*rm* Fig. 19 Taf. II) verborgenen Basis der primären Seitenwurzel entstehen.

Die Stellung der Sprossknospen (*gr* Fig. 19) ist hier sehr eigenthümlich; dieselben gehören zu den Seitenwurzelgruppen und stehen entweder neben oder auf der Basis einer Seitenwurzel, oder zwischen zwei Seitenwurzeln, oder endlich, es findet sich eine Wurzel zwischen zwei Knospen. Auch hier macht das Ganze den Eindruck eines eigenthümlichen, complizirt gebauten Embryo's.

Bei diesen und ähnlichen Pflanzen ist es durchaus nicht leicht die ersten Entwickelungsphasen der Knospen aufzufinden, was besonders dadurch veranlasst wird, dass selbst die jüngsten Anlagen schon in Schlafaugen verwandelen können, und in diesem Zustand so lange verharren, dass sie zuletzt so gut wie unverändert selbst auf sehr alten Wurzeltheilen angetroffen werden. Ich konnte

* Ueber die Dauer einiger Gewächse der deutschen Flora, *Bot. Zeit.*, 1858, pag. 378.
† Verjüngung, pag. 25.

auf successiven Querschnitten die Knospen erst dann finden, wenn die primäre Rinde abgeworfen war, und habe den Eindruck bekommen, dass sie selbst an alten Wurzeln neugebildet werden können aus den Seitenwurzelbasen, welche also als die eigentlichen Reproductionsorgane der Mutterwurzel müssen aufgefasst werden, da sie auch, wie früher bemerkt, die Entstehung der neuen Seitenwurzeln veranlassen.

Die Adventivwurzeln an den Stengeln von *Nasturtium* haben eine sehr merkwürdige Stellung, dieselben sitzen zu kleinen Gruppen vereinigt etwas oberhalb der Seitenknospen, und bei Abwesenheit der Letzteren scheinbar an deren Stelle in den Blattachseln (*ra* Fig. 19). Sie entstehen exogen so dass ihre Wurzelmütze aus der Epidermis des Stengels gebildet wird. Eine ganz ähnliche Nebenwurzelstellung findet man bei sehr vielen Cruciferen zurück, und für so weit ich diese Sache gegenwärtig übersehen kann, sind bei allen Cruciferen die Wurzeln entweder Blattachselständig, oder, wie bei *Nasturtium* zu kleinen Gruppen oberhalb der Knospen eingestellt. Oft, z. B. bei *Iberis* und anderen holzigen Cruciferen scheint eine Wurzel oder eine Wurzelgruppe die Seitenknospe zu ersetzen.

§ 4. *Alliaria officinalis.*

Ich werde diese Pflanze nur sehr kurz besprechen. Als ein oder zweijähriges Gewächs sind die Wurzelknospen von untergeordneter Bedeutung für die Erhaltung der Species, und dasselbe gilt betreffs der hypocotylischen Knospen (*gr* und *gr'* Fig. 20). Inzwischen besitzen diese Knospen einige morphologische Eigenschaften, welche bemerkenswerth sind. In Bezug auf ihre Stellung bemerkte schon Wydler, welcher die Adventivknospen von *Alliaria* entdeckte: „sie finden sich in Mehrzahl auf der etwas verholzten hypocotylischen Achse und auch ziemlich tief hinab an der Hauptwurzel, häufig bricht dicht unterhalb derselben eine neue Nebenwurzel hervor." *

Eine nähere Untersuchung dieser Knospen (*gr* und *gr'* Fig. 20) zeigt erstens, dass dieselben aus der Oberfläche des Centralcylinders des Mutterorganes, also aus dem Pericambium entstehen, und die primäre Rinde durchbohren müssen, wenn diese noch nicht abgeworfen ist, was freilich sehr frühzeitig geschieht bei der Hauptwurzel, während das Hypocotyl, besonders oben, bei den Samenlappen, diese Rinde (*cp*) lange bewahrt; jedenfalls sitzen die Knospen also auf der secundären Rinde (*cs* Fig. 21 Taf. II obenan in der Mitte). Ferner findet man, dass sie stets

* *Flora*, 1856, N°. 3.

in den beiden Nebenwurzelreihen der biradialen Mutterwurzel vorkommen. Am Hypocotyl habe ich keine Seitenwurzeln unter den Knospen gefunden, dagegen öfters an der Hauptwurzel. Gleichgültig ob Letzteres der Fall ist oder nicht, stets sind die zwei ersten Blätter (f^1 und f^2 Fig. 21) nach unten und oben gewendet, so dass man gewissermaassen das erste Blatt morphologisch als das Tragblatt würde betrachten können, während in physiologischer Beziehung eher die Seitenwurzel in deren Achsel die Knospe sitzt, als das Aequivalent des Tragblattes einer Stengelknospe aufgefasst zu werden verdient.

Ob man diejenigen Knospen, welche nicht bei einer Seitenwurzel gehören als metamorphosirte Wurzelanlagen betrachten muss ist schwer zu entscheiden, ich halte es aber für wahrscheinlich.

Die ersten Blätter der Knospen besitzen Niederblattnatur; die Blattspreite derselben bleibt nämlich sehr frühzeitig in der Entwicklung still stehen und nur der Blattgrund gelangt zur weiteren Ausbildung. Es ist eigenthümlich, dass diese Blätter, so wie freilich alle übrigen Blätter dieser Pflanze, kleine früh absterbende Nebenblätter (*st* Fig. 20 und 21) besitzen, welche auf der inneren Scheidenseite festsitzen; ich fand dieselben ebenfalls bei den Nasturtien und sie erinneren an die echten Stipeln der Capparideen.

Es ist mir nicht möglich gewesen die Adventivwurzelstellung an den Alliariastengeln direct zu beobachten. Die für die Cruciferen allgemein gültige Regel führt aber auch hier zum Schlusse, dass diese aus den Achseln der Seitenknospen hervorkommen müssen.

§ 5. *Cochlearia Armoracia.*

Die Wurzeln des Meerrettigs tragen gewöhnlich eine erstaunliche Menge von Knospen, welche über ihrer ganzen Länge in den Reihen der Seitenwurzeln ziemlich regelmässig vertheilt sind. Da die meisten Meerrettige vierstrahlig sind (auch drei und fünfstrahlige kommen vor, dünne Nebenwurzeln können zweistrahlig sein), müssen die Knospen ebenfalls in vier Reihen vorkommen, das lässt sich aber nicht leicht feststellen, denn diese Reihen sind spiralig um den Wurzelkörper gewunden. Die Knospen (*gr* Fig. 22 Taf. II) sitzen entweder einzeln oder zu kleinen Gruppen (gr^1, gr^2, gr^3 Fig. 23) vereinigt, ohne Ausnahme an der Basis der Seitenwurzeln (*rl*), dort wo diese mit der Oberfläche des Centralcylinders zusammenhängen. An Wurzeln, welche noch ihre primäre Rinde besassen, konnte ich keine Knospen auffinden, jedoch halte ich es nicht für unmöglich, dass die Disposition für deren Bildung schon sehr frühzeitig entsteht. Eine vollständig klare Einsicht in dem Verhältniss zwischen

den Seitenwurzeln und den Knospen beim normalen Wachsthum, habe ich mich nicht bilden können, ebenso wenig, wie bei *Nasturtium sylvestre*, welches in Bezug auf die Wurzelsprossung durchaus mit *Cochlearia* übereinstimmt. Jedoch glaube ich auch hier, wie in so vielen anderen Fällen annehmen zu müssen, dass die ruhenden exogenen Anlagen der Seitenwurzeln zweiter Ordnung, an der, in der Rinde der Mutterwurzel vergrabenen Basis der primären Seitenwurzel, bei alten Meerrettigen sich besonders für eine Umwandlung in Knospen eignen. Allein auf diesen Anlagen ist die Entstehung der Knospen sicher nicht beschränkt, wie aus dem folgenden Versuche hervorgeht. Wenn man mit einem scharfen Messer die äussere Rinde eines Meerrettigs vollständig entfernt, sodass die Knospen und die Basen der Seitenwurzeln zweiter und dritter Ordnung mitgehen, wird im Inneren der secundären Rinde der „Seitenwurzelkern", das heisst das pericambiale Verbindungsgewebe zwischen Mutter- und Seitenwurzel, sichtbar. Wenn man nun solche Stücke als Stecklinge behandelt, so sieht man bald aus den genannten „Kernen" Knospengruppen entstehen (allein niemals neue Seitenwurzeln); aus anderen Stellen der Wurzel sah ich keine Knospe hervortreten, und die Angabe von IRMISCH, dass jeder Kubus von nur einem c. M. Rippenlänge, welchen man aus einem Meerrettig schneiden kann, fähig ist eine neue Pflanze zu erzeugen, ist nur dann richtig, wenn sich eben in einem solchen Kubus ein „Seitenwurzelkern" vorfindet. Wenn man die Rinde bis auf einer grösseren Tiefe wie 2 oder 3 m. M. wegschneidet, so entstehen überhaupt keine Knospen mehr, man hat dann also das gesammte Reproductionsgewebe vernichtet. Diese so scharf localisirte Reproductionsfähigkeit scheint mir eine sehr wichtige und allgemeine Eigenschaft der Pflanzenorgane zu sein; ich habe dieselbe noch bei einigen anderen Wurzeln und überdiess in den Kartoffelknollen, den Zweigen der Weiden und verschiedener Cytisusarten, so wie anderswo, nachweisen können.

Die anatomische Verbindung zwischen der Seitenwurzel und der dazu gehörigen Knospen mit dem Holzkörper der Mutterwurzel, kann auf zweierlei verschiedenen Weisen zustande kommen. Entweder (Fig. 25) findet man ein quer durch die secundäre Rinde verlaufendes Gefässbündelgeflecht (*gf*), welches von einer Phloem- oder Procambiumscheide (*ph*) eingeschlossen ist, und woraus sich ein centraler Strang bis auf die primären Xylembündel im Herzen der Mutterwurzel verfolgen lässt, oder (Fig. 26 Taf. II obenan) eine solche Verbindung fehlt gänzlich, sodass Seitenwurzel und Knospe als ein wahres selbständiges Individuum der Mutterwurzel aufsitzen und nur durch parenchymatisches Gewebe vom Holzkörper der Letzteren getrennt sind; das Gefässbündelgeflecht (*gf* Fig. 26) bleibt dann also auf das Seitengebilde allein beschränkt, der „Seitenwurzelkern" fehlt. Dieser letztere Fall lässt sich ungezwungen vergleichen mit dem Verhalten vieler

Maserknollen an Baumstämmen, welche oft gänzlich loose in der Rinde sitzen, und dann nicht vermittelst eines „Knospenstammes", — um T. Hartigs Ausdruck zu gebrauchen, —* mit dem Holze verbunden sind; die zuerst betrachtete Verbindung, stimmt dagegen besser mit derjenigen gewöhnlicher Aeste am Stamme überein. Bei meinen Entrindungsversuchen habe ich leider nicht beobachtet, wie sich die Stellen unterhalb der Seitenproducte ohne Wurzelkerne verhalten, ich denke dass da keine Reproductionsfähigkeit existirt.

Da selbst die stärksten Knospen (Fig. 25) durchaus keine Veränderung verursachen in der Structur des Seitenwurzelkernes, und noch viel weniger in dem Bau des Holzkörpers der Mutterwurzel, ist es sicher, dass dieselben, wenigstens in anatomischem Sinne, sehr spät entstehen, man würde sagen können erst dann, wenn die Wurzeln durch das Dickenwachsthum Stengelnatur angenommen haben. †

Diejenige Wurzelknospen, welche zu Blattsprossen auswachsen, erzeugen bald nachdem das Wachsthum darin rege wird an ihrer Basis ein oder mehr Adventivwurzeln (*ra* Fig. 23), welche sich sowohl durch ihre Stellung, wie durch ihre Farbe von den Seitenwurzeln unterscheiden. Die ersten Blätter dieser Knospen besitzen niemals die eigenthümlichen fiederschnittigen Spreiten, welche an den sich eben über die Bodenoberfläche erhebenden Seitenzweige so auffällig sind und als eine Anpassung unserer Pflanze an das Wasserleben betrachtet werden können. Die Beblätterung beginnt mit einer ganz eigenthümlichen, ungefärbten sehr niederen Scheide, welche vollkommen den Eindruck macht einer napfförmigen Peridermbildung der Mutterwurzel; auch bei *Nasturtium sylvestre* beginnen die Wurzelknospen auf dieser Weise.

Sobald der Spross durch gesteigertes Wachsthum verlängerte Internodien erzeugt hat, wird es möglich die Stellung der Adventivwurzeln zu beurtheilen. Diese ist merkwürdig und etwas abweichend vom gewöhnlichen Verhalten bei den Cruciferen, denn während in dieser Familie, wie gesagt, die Nebenwurzeln gewöhnlich in kleinen Gruppen etwas oberhalb der Knospen entstehen, sitzen sie beim Meerrettig (*ra* Fig. 27) in drei- oder viergliedrigen Reihen rechts und links neben der Seitenknospe (*sk*) in der Achsel des Blattes (*b n*). §

---

* Luft-, Boden- und Pflanzenkunde pag. 153, Stuttgart 1877.

† Die Beschreibung des anatomischen Baues des Meerrettigs muss ich hier übergehen, nur will ich darauf hinweisen, dass derselbe in einigen Punkten sehr merkwürdig ist, wie z. B. durch das Vorkommen zahlreicher Siebbündelchen mitten im secundären Holze.

§ In den unterirdischen Blattachseln des Meerrettigs sitzen oft kleine grünliche blumenkohlenartige Gebilde, welche aus den Seitenknospen entstehen und leicht ausfallen. Für Brutknospen schienen sie mir zu klein zu sein, ich habe dieselben bisher nicht weiter untersucht.

Die cultivirten Meerrettige erzeugen niemals reife Samen, und da es auch nicht leicht ist aus dem Freien keimkräftiges Samenmaterial dieser Pflanze zu beziehen, sind die Keimlinge bisher vollständig unbekannt geblieben. Es wäre in mancher Beziehung interessant solche einmal zu züchten, denn es würden daraus unzweifelhaft Pflanzen mit gut entwickelten Blüthen entstehen während die cultivirten Exemplare bekanntlich überall rudimentäre Staubfäden besitzen; wahrscheinlich würden solche normale Pflanzen sehr arm an Wurzelknospen sein.

Andere Cruciferen und Resedaceen mit Wurzelknospen. Am Ende dieser Betrachtung specieller Fälle von Wurzelknospen bei Cruciferen will ich die übrigen mir bekannten hierher gehörigen Arten aufzählen, es sind die folgenden: *Nasturtium pyrenaicum*, *Lepidium latifolium*, *L. graminifolium*, *L. Draba*, *Isatis tinctoria* und *Arabis sagittata.* Bei *Bunias orientalis* und bei *Crambe maritima* fand ich keine normale laterale Wurzelknospen, dagegen bilden sich aus dem Oberende von Wurzelstücken dieser Pflanzen ausserordentlich leicht viele schöne Callusknospen.

Die Wurzelknospen van *Reseda lutea* sitzen vereinzelt in den Achseln der zweizeilig angeordneten Seitenwurzeln, oder in kleinen Gruppen von 2 bis 4 Stück ringsum derer Basis. Oft brechen sie aus dem Seitencallus in geringer Entfernung von den Seitenwurzeln nach aussen. Uebrigens verhalten sie sich, wie bei *Nasturtium.*

§ 5. *Knospenerzeugende Blätter bei Cruciferen.*

Die merkwürdigen Erscheinungen, welche an den Blättern von *Cardamine pratensis* auftreten sind oft beschrieben, zuerst im Jahre 1816 von CASSINI, * später auf's Neue durch MÜNTER † nachdem SCHLEIDEN darüber Zweifel ausgesprochen hatte, vor Kurzem wieder durch VÖCHTING, § welcher darin eine Stütze für seine Hypothese der inneren, von Spitze und Basis der Organe abhängigen Kraft findet.

Die niedersten, dem Boden angedrückten bisweilen aber auch die höheren gefiederten Blätter unserer Pflanze, erzeugen auf dem Blattspindel, den Stielchen der Fiederblättchen und auf den dicken Nerven der Letzteren kleine Knötchen, welche erst ein oder mehrere Wurzeln, dann ein Blättchen, endlich eine Vegetations-

---

* *Bulletin philomatique*, 1816, pag. 71.

† *Bot. Zeit*, 1843, pag. 537.

§ *Organbildung*, Thl. I, pag. 96.

kegel bilden und dann allmählich in eine Blattrosette veränderen. Bei *Cardamine hirsuta* und *C. impatiens** hat man die nämliche Erscheinung bemerkt.

In Folge ungünstiger Lebensverhältnisse, besonders durch Lichtmangel gelingt es leicht die Inflorescenzen von *Cardamine* zu tödten, ohne dass die Pflanze dadurch übrigens geschädigt wird; die auf dieser Weise behandelten Pflanzen produziren viel mehr Adventivknospen wie die normal-blühenden.

Es ist bemerkenswerth, dass die knospenerzeugende Blättchen sehr loose mit der Spindel verbunden sind, so dass dieselben oft frei neben der Pflanze liegen, oder auf dem Wasser treiben, was offenbar ein Mittel zur Verbreitung ist und darauf hinweist, dass die Zuchtwahl bei der Ausbildung der uns beschäftigenden Eigenschaft der Cardamineblätter betheiligt gewesen ist. †

Nicht überall auf dem Blatte sind die Umstände zur Bildung der Knospen gleich günstig; die Basis des Endblättchens kommt dabei zuerst in Betracht, aber auch am Fusse der niederen Fiederblättchen stehen kräftige Knospen, welche jedoch am untersten Blattjoch etwas schwacher werden. Ferner findet man ziemlich viele Knospenanlagen auf den Blättchen selbst und zwar genau in den Eckpunten der Gabelstellen der Nerven; je dicker die Nerven, das heisst je näher bei dem Blattstielchen, dessto kräftiger sind diese Knospen.

Vöchting hat gezeigt, dass Schnittwunden in den Blättchen das Auswachsen der Knospen, welche sich oberhalb dieser Schnitte befinden sehr fördern. Neue Knospen entstehen dadurch aber nicht, allein dieselben sind oft so klein, dass man davon erst etwas bemerkt mit Hülfe des Mikroskops. Meristematische Zellgruppen, welche offenbar Knospen werden mussten, konnte ich schon an noch sehr jungen und wachsenden Blättchen an den Gabelstellen der Nerven auffinden.

Turpin § scheint der Erste gewesen zu sein, welcher die Adventivknospen auf den Blättern von *Nasturtium officinale* gesehen hat, er bemerkte, dass kleine Stückchen dieser Blätter, welche von Phryganidenlarven zum Bau ihrer Gehäuse gebraucht waren, neue Pflanzen erzeugten.

Ich selbst habe diese Pflanze vielfach beobachtet und fand, dass die Knospenbildung auf den Blättern durch ungünstige Lebensbedingungen sehr gefördert wird. Ich stellte Pflanzen in mit Erde angefüllten Bechergläsern an einem Norddfenster und sah schon nach kurzer Zeit die Nebenwurzeln aus der Basis

---

* *Bot. Zeit.*, 1873, pag. 629 und *Bot. Zeit.*, 1874, pag. 621.

† Ob auch bei *Cardamine hirsuta*, wo die Eigenschaft der Knospenerzeugung auf den Blättchen eine mehr accidentelle ist, eine so loose Verbindung zwischen Rachis und Blättchen besteht weiss ich nicht.

§ *Comptes rendus*, 1859, pag. 19.

der Seitenknospen und aus deren nächsten Umgebung selbst aus den Luftstengeln in kleine Bündeln hervorbrechen,* und je mehr meine Pflanzen abschwächten und zurückgingen, dessto mehr bildeten sich Adventivsprosse auf den Blättern. Während eines ganzen Winters habe ich die Zahl der Knospen auf jedem neu entwickelten Blatte sich vermehren sehen, bis die Pflanze zuletzt derweise mit Blattknospen bestreut war, dass man davon sagen konnte sie hatte eine wahre Blastomanie, um den von BRAUN bei einer ähnlichen Gelegenheit gebrauchten † Ausdruck zu verwenden; in einem Falle zählte ich nicht weniger als 54 Knospenanlagen auf einem einzigen Blättchen. Anfangs hatten die eben sichtbar werdenden Knospen die Form von kleinen Knötchen, welche aus dunkelgrünem meristematischem Gewebe bestanden, noch früher beobachtete ich an diesen Stellen eine kleine Vertiefung, ein Hemmungserscheinung in der Streckung des Bildungsgewebes. Da man diese Knospenanlagen schon deutlich beobachten kann auf ganz jungen, noch in der Entwicklung begriffenen Blättern, ist die Annahme erlaubt, dass die Reize unter deren Einfluss die Knospenbildung zustande kommt, ihre Wirkung in den Meristemen ausüben. Dabei scheint es mir sehr bemerkenswerth, dass die Blattknospen von *Nasturtium*, ohne Ausnahme auf der Oberseite des Blattes entstehen und dabei eben wie bei *Cardamine* ausschliesslich an den Gabelstellen der Nerven gebunden sind. Diese Umstände weisen nach meiner Ansicht auf einen Zusammenhang zwischen Wasserstrom und Knospenbildung; denn die Xylembündel sind hier, wie gewöhnlich in den Blättern, nach oben gekehrt, und an den Gabelungen der Nerven muss gewiss schon im Blattmeristem ein eigenthümlicher Zustand in der Wasserbewegung herrschen. Eben wie bei den früher betrachteten Blattknopsen der Monocotylen fand ich auch bei *Nasturtium* und *Cardamine*, dass nicht eine einzelne Zelle, sondern eine Zellgruppe sich an der Knospenbildung betheiligt und, dass die Epidermis dabei eine wichtige Rolle erfüllt.

Bei der späteren Entfaltung der Knospenanlagen der *Cardamine*- und *Nasturtium*-blätter, sieht man zuerst aus den kleinen Knöllchen eine erste, darnach eine zweite und bisweilen eine dritte Wurzel vollständig exogen entstehen, später bildet sich dann das erste Blatt, § das zwar einfach ist aber durchaus nicht Cotyledonarnatur besitzt, zuletzt entsteht zwischen Blatt und Wurzeln ein

---

* Dieselben entstehen, wie früher hervorgehoben, vollständig exogen.

† Ueber Adventivknospen von *Calliopsis tinctoria*, *Verhandl. d. bot. Vereins d. Prov. Brandenburg*, 1870, pag. 154.

§ Die Blätter der Nasturtien besitzen, ähnlich wie bei *Alliaria*, kleine Stipulae, welche schon frühzeitig in ihrer Entwickelung zurückbleiben.

Vegetationspunkt. Im Anfang sind diese Wurzeln grün und wachsen eben in diejenige Richtung fort, welche sie zufällig erhielten; sind dieselben 2 oder 3 m.M. lang, so verlieren sie beim Weiterwachsen ihre grüne Farbe und werden stark geotropisch; in trockener Kammerluft bleiben sie auch weiterhin glatt, in einer feuchten Atmosphäre sind sie dagegen bald mit Wurzelhaaren bedeckt. Wie aus dieser Beschreibung erhellt, lässt sich die Epidermis des Mutterblattes leicht bis über die Spitze der Wurzeln verfolgen, und es kann keine schönere Objecte geben zur Demonstration der Entstehung der Calyptra aus der Epidermis der Mutterwurzel, hier also auch aus derjenigen des sprossenden Battes, wie die durchsichtigen Luftwurzeln der Nasturtien.

Die exogene Bildung der Wurzeln aus den Blattknospen von *Cardamine* und *Nasturtium* steht nicht einzig da. Schon früher sahen wir das *Neottia Nidusa-vis* unter den Orchideen, *Nasturtium sylvestre* und *Cochlearia Armoracia* unter den Cuciferen, ebenfalls exogene Nebenwurzeln aus ihren Stengeln erzeugen. Hier will ich noch darauf aufmerksam machen, dass die Wurzelgruppen in den Blattachseln, auch bei allen übrigen Arten von *Cardamine* und *Nasturtium*, so wie bei einer ganzen Reihe von anderen Cruciferen, exogenen Ursprunges sind; ich hoffe auf diese Angelegenheit ein anderes Mal zurückzukommen. *

Wünscht man die Blattknospen von *Cardamine* und *Nasturtium* mit irgend einem anderen Organe dieser Pflanzen zu vergleichen, so wäre es, ohne besondere Einschränkungen, nicht erlaubt, wie aus dem Obigen zureichend erhellt, die Embryonen herbei zu ziehen; dagegen ist die Uebereinstimmung im Bau einer sich bewurzelnden Blattknospe mit der normalen Seitenknospe sammt der dazu gehörigen Wurzelgruppe eine so vollständige, dass es keinem Zweifel unterliegen kann, dass bei der Entstehung von beiden identische Kräfte wirksam sind. Es ist die Ueberzeugung dieser Identität, welche mich veranlasst hat die Blattknospen hier ausführlicher zu besprechen. Schliesslich scheint es mir, bei der Seltenheit solcher Erscheinungen im Allgemeinen, ein bemerkenswerthes Zusammentreffen, dass sich in der nämlichen Gattung *Nasturtium* Arten vorfinden mit knospenerzeugenden Wurzeln, wie *N. sylvestre* und *N. pyrenaicum* und eine andere Art mit knospenerzeugenden Blättern, nämlich *N. officinale;* ich glaube, dass es die, für die Cruciferen so ausserordentlich characteristische Verbindung zwischen Nebenwurzeln und Seitenknospen ist, worauf dieses Zusammentreffen in erster Linie beruht.

* Man vergleiche auch die während des Druckes dieser Abhandlung erschienene Arbeit von A. Lemaire, Origine et développement des racines latérales, *Ann. d. sc. nat. Bot.* 7me Sér. T. III, pag. 237, 1886.

KAPITEL IV.

GERANIUM SANGUINEUM — AILANTHUS GLANDULOSA — EUPHORBIA ESULA — SIUM LATIFOLIUM — CRASSULACEEN.

Ich will dieses Kapitel anfangen mit der Aufzählung der Namen einiger Pflanzen, welche Wurzelknospen erzeugen, aber wovon mir kaum mehr wie die Existenz bekannt ist. Ich folge bei dieser Aufzählung die gewöhnliche systematische Eintheilung.

Violaceen. ROYER trennt *Viola canina* und *V. elatior* durch ihre Eigenschaft Wurzelknospen zu erzeugen von den übrigen Arten. * Die Nebenwurzelanordnung ist bei den Violaceen (und Resedaceen) noch nicht genügend festgestellt, bei *Viola tricolor* sah ich oft eine Wurzel aus der Achsel eines Seitenzweiges entspringen, gewöhnliche nodale und internodiale Wurzeln scheinen aber bei diesen Arten vorzuherrschen.

Hypericaceen. Die dickeren holzigen Wurzeln von *Hypericum perforatum* tragen kleine Gruppen von röthlich angelaufenen Knospen, welche sich gewöhnlich ringsum die Basis von Seitenwurzeln vorfinden. Auch *Hypericum calycinum* erzeugt bisweilen Wurzelknospen. Die Nebenwurzeln an den Stengeln sind gewöhnlich nodal und dabei oft den Knospen genähert, bisweilen stehen sie paarig unterhalb der Knospen.

Tiliaceen. Nach WARMING erzeugt *Tilia* Wurzelknospen; ich habe dieselben aber nicht auffinden können.

Anacardiaceen. Wurzelknospen kommen vor bei *Rhus typhina* und bei *Rhus glabra*.

Auf die Geraniaceen, Simarubaceen, Euphorbiaceen und Umbelliferen, welche in meiner Uebersicht nun eine Stelle finden sollten, weiter unten ausführlicher zurückkommend, will ich zunächst fortfahren die übrigen mir bekannten Fälle von Wurzelknospen aus den Verwandtschaftskreisen der Aesculinen und Frangulinen anzuführen; nähere Untersuchungen liegen über dieselben bisher nicht vor.

Hierher gehören von den Sapindaceen, *Aesculus macrostachya*. Von den Polygaleen, *Xanthophyllum fraxinifolium*. Von den Calastraceen, *Staphylea trifoliata* und *Evonymus europaeus* bisweilen. Von den Rhamnaceen, *Rhamnus Frangula* nicht immer. Von den Araliaceen, *Panax* und *Aralia spinosa*. Von den Corna-

---

* *Flore de la Côte d'Or*, pag. 108.

ceen, *Cornus alternifolia, C. sanguinea* und *C. sericea*, während *C. mas* niemals Wurzelknospen erzeugt. Schliesslich, von den Saxifragaceen, *Hydrangea canescens, H. radiata, Philadelphus coronarius, P. grandiflorus, Deutzia* und *Ribes*. Bei allen diesen Arten sind die Wurzelknospen zwar normale Bildungen, entstehen aber manchmal so sporadisch, dass man deren Existenz kaum bemerkt und oft erst durch Stecklingsversuche zu beurtheilen vermag.

Ueber die Nebenwurzelstellung der genannten Familien kann man in der Literatur manche zerstreute Angaben finden, Zweck einer einheitlichen Untersuchung ist dieser Gegenstand jedoch noch nicht gewesen.

§ 1. *Geranium sanguineum.*

Schon die Hauptwurzel der Keimpflanze von *Geranium sanguineum* ist reichlich mit Sprossknospen besetzt, welche entweder vereinzelt oder zu kleinen Gruppen vereinigt in den Seitenwurzelachseln stehen, besonders in den, der Oberfläche des Bodens zugekehrten Oberachseln.* Diese Knospen entwickeln sich aus der Oberfläche des Centralcylinders der Mutterwurzel und sie sind schon ausgebildet zu einer Zeit, wenn die primäre Rinde noch gegenwärtig ist, und dann werden sie natürlich durch diese Rinde überdeckt. Sie entstehen aber jedenfalls erst viel später wie die Seitenwurzeln, wozu sie gehören, denn auf successiven Querschnitten werden dieselben nicht unterhalb der Regione des Dickenwachsthums gefunden, während die Seitenwurzeln schon lange bevor das Dickenwachsthum in der Mutterwurzel beginnt da sind.

Die Knospen, welche auf den weiter ausgewachsenen Wurzeln angetroffen werden bieten eine gewisse Mannigfaltigkeit da, in Bezug auf ihre Entstehungsweise, dieselben können nämlich entweder unmittelbar aus der Basis der Seitenwurzel hervorgehen, also auf einer ähnlichen Weise, wie die Wurzelknospen von *Nasturtium* und *Cochlearia*, oder sie können aus einem Callus ihren Ursprung nehmen, welcher seinerseits einer Seitenwurzelbasis aufsitzt, oder neben einer solchen aus der Mutterwurzel entspringt und im letzteren Falle an und für sich eine ganze Seitenwurzel ersetzt.

Die Wurzeln von *Geranium sanguineum* welche ich untersuchte, waren stets zweistrahlig und damit im Einklang sitzen die Seitenwurzeln in zwei Reihen. Die primäre Rinde wird frühzeitig abgeworfen und dabei wird das rothe Periderm sichtbar. Der durch Dickenwachsthum entstandene Holzkörper ist

* Eine gute Abbildung bei Irmisch, Beitrag zur Morphologie einiger europäischen Geranium-Arten. *Bot. Zeit.*, 1874, pag. 567.

*

sehr fest und zähe und verdankt diese Eigenschaft zwei (*sc* Fig. 30 Taf. III) oder mehr (*sc* Fig. 29 *a* Taf. II) Sclerenchymfaserbündeln, welche ein sonderbares Effect machen mitten im Holz, bei Wurzeln aber oft vorkommen (sehr schön z.B. bei *Rumex Acetosella*). Die Centralstränge der Seitenwurzeln setzen sich, wie gewöhnlich, den oft vollständig im Sclerenchym eingeschlossenen primären Gefässplatten der Mutterwurzel (*xp* Fig. 29 *a*) an. Die Stelle, wo eine Seitenwurzel die secundäre Rinde ihrer Mutterwurzel verlässt (*r l* Fig. 29 *b*), ist immer etwas vertieft, das umgekehrte Verhalten also von dem was wir z.B. bei *Populus pyramidalis* fanden; neben der Vertiefung sitzt aber eine callusartige Wucherung. Aus manchen dieser Wucherungen (*c l* Fig. 28 Taf. II rechts) sieht man Knospen oder schöne Blattsprosse (*g r*) hervorgehen. Zerschneidet man eine Callusgeschwulst, welche äusserlich nichts besonderes hat der Länge nach, so findet man oft in der Spitze derselben einen oder zwei feine Centralcylinder (*c c* Fig. 29 *b*), welche offenbar zu Seitenwurzelanlagen gehört haben, welche frühzeizitig in ihrer Entwicklung gehemmt sind; übrigens besteht der Callus eben wie das benachbarte Gewebe der secundären Rinde aus stärke- und tanninreichem Parenchym. Verfolgt man diesen Callus-Centralcylinder nach aussen so ergibt sich, dass ein eigentliche Wurzelmütze nicht mehr wahrnehmbar ist (*c l* Fig. 29 *b*) wiewohl eine ziemlich dicke Gewebeschicht die Spitze des Centralcylinders überdeckt. Verfolgt man den Lauf des Centralcylinders nach innen so findet man, dass derselbe sich entweder (wie in Fig. 29 *b*) unmittelbar an das gleichnamige Organ der Mutterwurzel ansetzen kann, so, dass der Callus dann als eine metamorphosirte Seitenwurzel erster Ordnung aufgefasst werden muss, oder der Centralcylinder des Callus vereinigt sich mit dem Wurzelkern der daneben sitzenden Seitenwurzel, wodurch dieser Callus sich als gleichwerthig mit einer Seitenwurzel der zweiten Ordnung ergibt.

Querschnitte sind natürlich besser geeignet um festzustellen auf welcher Weise die verschiedenen Theile der Mutterwurzel mit dem Callus verbunden sind, wie Längsschnitte. Daraus ergibt sich, dass der Callus eben wie eine ausgewachsene Seitenwurzel mit einem sehr stark entwickelten Markstrahl der Mutterwurzel correspondirt. Die Structur solcher, unterhalb dieser Seitenorgane befindlicher Markstrahlen ist besonders in der Lagerungsrichtung der Zellen und faserigen Elemente verschieden von derjenigen des benachbarten Gewebes des Centralcylinders. Uebrigens ist die Natur der genannten Elemente an sich wieder verschieden je nachdem man den Markstrahl untersucht unterhalb einer Seitenwurzel oder unterhalb eines knospenerzeugenden Callus. Im ersteren Falle findet man darin, und bei anderen Pflanzenarten ist es ebenso, verholzte Fasern und kurze getüpfelte Gefässglieder. Unter den Knospen verholzt der Markstrahl viel weniger oder durchaus

nicht, und besteht im letzteren Falle bei *Geranium sanguineum* ausschliesslich aus parenchymatischem Gewebe, ohne oder mit Stärke, abhängig von der Jahreszeit. Selbst in den Uebergangsbildungen zwischen Wurzel und Spross, welche unten noch Wurzelnatur besitzen, allein auf dem Wege eine Knospe zu werden (wie aus der Gabelung des Centralcylinders erhellt), als ein als Hemmungsbildung aufzufassender Callus zurückgeblieben sind (Fig. 29 *a*), ist die Verholzung nur wenig vollständig, und viel Parenchym im Markstrahl unverändert geblieben. Die Entstehung des Markstrahls muss man desshalb als einen Process auffassen, welcher mit der *Entstehung* der Seitenwurzel verknüpft ist, während die Verholzung viel mehr von der Function der Seitenwurzel, also von der Wasserströmung abhängig ist. *

Die Veränderung des Callus in eine Knospe geschieht auf derselben Weise wie bei *Populus alba*. Auch hier bekommt man den Eindruck, dass Callus und Knospe nahe verwandte Organe sein müssen, und dass die Umwandlung sich eher vergleichen lässt mit einer Einschränkung und Regulirung der formbildenden Kraft, wie mit der Neubildung eines anderen Organes. Ein Callus ist so zu sagen ein amorphes Conglomerat von Blättern. — Die ersten Blätter der Wurzelknospen sind kleine dicke fleischige Gebilde (*g r* Fig. 30 Taf. III) welche einen gewölbten grossen Vegetationspunkt einschliessen. Die später entstehenden Blätter erlangen allmählich die hohe Ausbildung in Scheiden mit Stipeln, Blattstiel und Spreite, welche für die Geraniaceen kennzeichnend ist.

Eine bestimmte Nebenwurzelstellung an den Stengeln ist bei manchen Geraniaceen zu bemerken, besonders wenn man dabei so zu sagen statistisch verfährt. Man bekommt dann das gewöhnliche Resultat: die Nebenwurzeln suchen die Nachbarschaft der Seitenknospen. So findet man an jungen Rhizomen von *Geranium tuberosum* oft, auf beiden Seiten der Seitenknospen, das schuppenartige Tragblatt von einer Nebenwurzel durchbohrt, und später, nachdem die Schuppen abgeworfen sind, wird dieser gegenseitige Zusammenhang noch deutlicher. Auch bei vielen Oxalideen, wie z.B. bei *Oxalis Acetosella* und *O. corniculata* sind die Nebenwurzeln in engem Zusammenhang mit den Knospen und sitzen vereinzelt, oder zu zweien unmittelbar unter denselben oder noch etwas niedriger, unter dem Niederblatte zu dessen Achsel die Knospe gehört.

§ 2. *Ailanthus glandulosa.*

Die dicken fleischigen Wurzeln von *Ailanthus glandulosa* sind dadurch merk-

---

* H. Spencer, The principles of Biology, Vol. II, pag. 536, London 1880.

würdig, dass sie augenscheinlich an jedem beliebigen Punkte ihrer Oberfläche das Vermögen besitzen Knospen zu erzeugen. Da die primäre Rinde frühzeitig abgeworfen wird, hat man hier in letzterer Instanz mit einer Eigenschaft des Pericambiums zu thun, denn daraus ist die knospenbildende Gewebeschicht entstanden, allein die Sache wird infolge dessen nicht weniger merkwürdig. Nur in einer bestimmten Hinsicht lässt sich eine gewisse Regel in der Anordnung der Knospen erkennen, dieselben (*gr* Fig. 31 Taf. III links in der Mitte) entstehen nämlich besonders leicht in der Nachbarschaft oder selbst am Rande der schmalen Callusstriche (*cl*), welche beiderseits neben jeder Seitenwurzel (*rl*) sitzen.

Die jungen Knospen sind rundliche stark behaarte Gebilde von gelblicher Farbe, welche aus sehr untiefen Rindenrissen nach aussen kommen. Da es nur die äusseren Korkschichten des Periderms sind, welche dabei durchbohrt werden, ist es richtiger die Knospen als exogen, wie als endogen in Bezug auf die secundäre Rinde aufzufassen; natürlich sind dieselben unzweifelhaft endogen, wenn man die primäre Structur der Mutterwurzel dabei in Betracht zieht.

Auf Querschnitten der Ailanthuswurzeln, welche sowohl durch eine Seitenwurzel, wie durch eine Knospe gehen findet man das Folgende.

Genau in der Mitte befinden sich die drei oder vier primäre Gefässplatten (*xp* Fig. 32), worin man eine kleine Gruppe von zwei bis sechs sehr feinen Gefässen unterscheiden kann, deren Lumen von innen nach aussen abnimmt. Der Centralcylinder der primären Seitenwurzel (*rl*) lässt sich bis auf eine dieser Gefässplatten, obschon schwierig, verfolgen. Der secundäre Holzring ist ausgezeichnet durch die sehr weiten Netz- und Tüpfelgefässe (*hg*), welche in dem gelblichen oder durchsichtigen Faser- und Paremchymgewebe eingeschlossen liegen. Nach aussen findet man im secundären Holze einige concentrische Ringe, welche zwar an Jahresringe erinneren, damit aber keineswegs identisch sein können. Ich sah solche Ringe bei unserer Pflanze oft, so wie auch bei manchen anderen Arten, die Natur derselben blieb mir aber unklar. Die Markstrahlen haben untergeordnete Bedeutung, die drei oder vier primären sind symmetrisch angeordnet, die sehr zahlreichen secundären durchsetzen das Holz überall. In der secundären Rinde sind besonders zwei Gewebearten auffallend, nämlich ein wasserhaltiges luftfreies Gewebe, und damit in tangentialer Richtung abwechselnd, die Fortsetzungen der Markstrahlen als ein an Intercellularräumen sehr reiches Parenchym; letzteres ist in der Fig. 32 schattirt. Mehr nach aussen liegen in der secundären Rinde sehr eigenthümliche gelbliche Steinzellengruppen (*sc*), welche den Mutterzellen des Periderms (*ps*) angrenzen. Dieses letztere besteht aus mehreren Schichten tafelformiger Zellen, welche eine weisse dichte Rinde darstellen.

Die Oberfläche der Seitenwurzeln (*r l* Fig. 32) geht continue in dieses Periderm über, dessenungeachtet findet man in einer kleinen Entfernung beiderseits von der Seitenwurzel die schon oben genannten Callusstreifen (*c l* Fig. 31). Bei *Populus pyramidalis* haben wir ein ähnliches Verhalten gefunden, und ebenso ist es bei vielen anderen Pflanzen. Wesshalb der Callus nicht unmittelbar der Seitenwurzel angrenzt ist mir noch nicht recht deutlich.

Da die jungen Knospen schon äusserlich an der Wurzeloberfläche kenntlich sind, noch lange bevor sie nach aussen kommen, ist es leicht Querschnitte ihrer Anlagen darzustellen. In Fig. 32 sieht man bei *g r* eine solche Knospe, welche aus dem Rande eines Callusstreifens entstanden war, und welche nur eine Gewebeschicht unbedeutender Dicke des Callus' durchsetzen musste um nach aussen zu kommen. Uebrigens kann ich in Bezug auf diese Knospen kurz sein, und muss nur noch erwähnen, dass die Gefässbündelverbindung derselben mit der Holzoberfläche der Mutterwurzel, so wie mit deren Siebbündelsystem in der secundären Rinde, erst nachträglich in centripetaler Richtung aus dem Callusparenchym entsteht. In einem genau von mir untersuchten Falle vereinigten die Blattbündel sich zu einem einzigen feinen Gefässbündelstamme (*gf* Fig. 32), welcher blind im Callusgewebe endete.

Trécul * hat bei *Ailanthus glandulosa*, ausser Callusknospen, noch eine andere Art von Wurzelknospen gefunden, welche, wie aus seiner Figur 6 Pl. 7 hervorgeht, nichts anderes sein können als Umwandlungsproducte von secundären in der Rinde der Mutterwurzel eingeschlossenen Seitenwurzeln, oder von Seitenwurzelkernen.

§ 3. *Euphorbia Esula.*

Eine ganze Reihe von Euphorbien tragen mehr oder weniger zahlreiche Wurzelknospen, am schönsten beobachtete ich dieselben bei *Euphorbia Esula, E. Cyparissias* und *E. Gerardiana*. Ferner gehört *E. amygdaloides* hierher und nach Reichardt auch *E. nicaeensis*. Bei *E. Lathyris*, welche vermittelst Wurzelknospen perennirt und nicht, wie man vielfach angegeben findet, zweijährig ist, sitzen die Knospen sehr zerstreut und sind nicht leicht aufzufinden. Nach Röper werden bei manchen Euphorbien hypocotylische Sprosse gefunden, besonders bei *E. Peplus*, *E. exigua* und *E. heterophylla*; für *E. exigua* fand ich diese Angabe bestätigt.

---

* *Ann. d. sc. nat.* Sér. III, 1847, T. 8, pag. 268.

Bei den von mir untersuchten Arten war die Stellung der Sprossknospen (*gr* Fig. 39 Taf. III) auf den Wurzeln beinahe immer identisch, nämlich in der Oberachsel der Seitenwurzeln (*rl*). Nur selten fehlt die Seitenwurzel unterhalb der Knospe, und auch dann sitzt diese doch ausnahmsweise in einer der vier Seitenwurzelreihen. Verfertigt man Tangentialschnitte von der Rinde unterhalb solcher vereinzelt stehender Knospen, so findet man in den meisten Fällen, obschon nicht immer, ein sehr deutliches Rudiment einer früh abgestorbenen Seitenwurzel neben dem parenchymatischen, mit Stärke reichlich angefüllten Knospenkerne, in der secundären Rinde der Mutterwurzel. Die Euphorbiawurzeln haben ein kräftiges Dickenwachsthum und lassen sich am Besten mit einem holzigen Stamme vergleichen. Sie werfen ihre primäre Rinde schon sehr frühzeitig ab und bilden an ihrer Oberfläche eine braune abblätternde Korkschicht.

Die sich aus den Wurzeln erhebenden Stengel tragen in den dichtgedrängten Blattachseln an ihrer Basis eine Unmasse von Knospen, von welchen nur einzelne nahe an der Bodenoberfläche aussprossen. An den auf dieser Weise entstandenen Stengeln konnte ich keine Adventivwurzeln auffinden.

In Bezug auf die Keimlinge von *Euphorbia Cyparissias* sagt Irmisch *: „Auf der hypocotylen, meist roth überlaufenen Achse, erscheinen schon im Laufe des ersten Sommers besonders da wo sie dem Boden nahe ist oder in ihn eintritt, und in die weisse, sich verästelnde Hauptwurzel übergeht, Adventivknospen, deren zwei ersten Blätter ich mehrmals oben und unten, nicht links und rechts, an der Mutterachse stehend beobachtete; sie finden sich in der Regel auch weit hinab auf der gegen einen halben Fuss langen Hauptwurzel, welche schon im erstem Jahre etwas holzig, mindestens sehr zähe wird. Im Herbst des ersten Jahres stirbt die Pflanze für so weit sie über den Boden tritt in allen ihren Theilen gänzlich ab und sie perennirt allein durch die unter dem Boden befindlichen Knöspchen, von denen ich im ersten Sommer keines auswachsen sah."

§ 4. *Sium latifolium. Callusknospen der Umbelliferen.*

Die sehr schönen und auffallenden Wurzelknospen von *Sium latifolium* sind erst im Jahre 1876 von Warming entdeckt und beschrieben. † Bei anderen Umbelliferen scheinen keine normale Wurzelknospen vorzukommen, denn die verschiedenen Beispiele, welche ich davon in der Literatur erwähnt fand, habe ich alle nachuntersucht und dabei ergab sich, dass es sich stets um

---

* *Bot. Zeit.*, 1857, pag. 471.

† *Bot. Tidsk.*, R. 3, Bd. 1, 1876—77, pag. 107.

Callusknospen handelte. Besonders *Eryngium campestre* hat eine starke Neigung zur Erzeugung der zuletzt genannten Knospen; bei *Pimpinella Saxifraga*, *Falcaria Rivini*, *Silaus pratensis* und anderen Arten findet man dieselben zwar weniger leicht, jedoch noch ziemlich oft. Bei Stecklingsversuchen mit Wurzelstücken von *Pastinaca sativa* und *Daucus Carota* sah ich nicht ohne Verwunderung Callusknospen entstehen, denn ich glaubte früher nicht, dass ein- und zweijährige Pflanzen eine solche Eigenschaft besitzen könnten. Zwar gelingt dieser Versuch bei *Daucus Carota* sehr schwierig, allein bei *Pastinaca* ziemlich leicht. Bei letzterer Art fand ich, dass die Neigung zur Knospenerzeugung am grössten war am dicken Ende der ganzen Wurzel, aber, dass an den Stücken zerschnittener Wurzeln die Knospen sich am Leichtesten an derjenigen Wundfläche ausbilden, welche vor der Isolirung der Wurzelspitze zugewendet gewesen war, also gerade umgekehrt wie bei anderen Pflanzen. Ob dieses Verhalten bei dieser Art allgemein ist, oder nur bestimmten Varietäten zukommt, weiss ich nicht. Die Pastinacaknospen sassen theilweise auf dicken kugelförmigen Callusbildungen, welche sich aus der inneren secundären Rinde entwickelt hatten, jedoch auch auf kleinen Wucherungen, welche mitten im secundären Holze aus dem Holzparenchym entstanden waren.

Ganz anders ist die Stellung der normalen Wurzelknospen bei *Sium latifolium*. Sie sitzen in den Seitenwurzelachseln (*r l* Fig. 34 und 35 Taf. III) und brechen, schon aus ganz dünnen Wurzeln, durch die primäre Rinde (Fig. 35), welche erst lange nach deren Entstehung abgeworfen wird. Da sie sich sehr leicht bewurzeln, bilden sie ein ausgezeichnetes Mittel zur Verbreitung der Pflanze, welche nur selten keimkräftige Samen erzeugt und deren Keimung bisher noch nicht beobachtet wurde.

Die Siumwurzeln sind gewöhnlich dreistrahlig, dessenungeachtet sitzen die Seitenwurzeln daran in vier bis sechs Reihen. Bekanntlich wird dieses abweichende Verhalten bei allen Umbelliferen zurückgefunden, und hängt damit zusammen, dass die Pericambiumschicht in der Richtung der primären Gefässplatten, das heisst an denjenigen Orten, wo bei anderen Pflanzen Seitenwurzeln angelegt werden, hier durch einen Oelraum unterbrochen ist. Die Initialgruppe für die Neubildung wird dadurch so zu sagen gespalten, so dass zwei Stellen, welche sich für die Seitenwurzelbildung eignen entstehen, nämlich rechts und links von jeder Gefässplatte eine; die normale Zahl der Seitenwurzelreihen wird desshalb doppelt so gross wie gewöhnlich; wesshalb eine oder mehrere der gesammten Reihen gewöhnlich fehlschlagen, weiss ich nicht.

Die primäre Rinde besteht aus einem sehr spongiösen Gewebe und enthält 10 bis 15 Luftkanäle (*kn* Fig. 36) welche durch einfache Zellschichten von einander getrennt sind. Sobald die primäre Rinde abgeworfen ist verändert das Aeussere der Wurzel gänzlich, wie aus der Vergleichung der Figuren 33 und

34 hervorgeht Der Centralcylinder ist sehr stark in der Dicke gewachsen und hat dabei ebenso viele Rinnen bekommen, wie Seitenwurzelreihen vorhanden sind; jede Rinne entspricht einer solchen Reihe. Auf dem Querschnitte findet man, dass der Boden dieser Rinnen durch einen vierseitig prismatischen Stang von Sclerenchymfasern eingenommen wird. Die secundäre Rinde ist ausserordentlich dick und im Winter strotzend mit zusammengesetzten Stärkekörnern angefüllt; stellenweise kommen darin Luftkanäle vor Der im Querschnitte sternförmige Cylinder des secundären Holzes ist sehr wenig mächtig, enthält im Innern nur einzelne weite Gefässe und kehrt seine Strahlen den genannten Faserbündeln zu; eigentliche Holzfasern fand ich darin nicht. Bei manchen Siumwurzeln ist man in Zweifel ob secundäres Holz überhaupt darin entstanden ist

Da die Knospen zum grössten Theile ruhen, werden dieselben sowohl auf den Wurzeln mit secundärer, wie auf denjenigen mit primärer Structur angetroffen; im ersteren Falle sind die Knospen aber kleiner und weniger augenfällig weil dieselben, obschon sehr langsam, doch fortwährend etwas wachsen, und dabei allmählich die ersten, sich früh entfaltenden Blätter abwerfen.

Bei einer genauen Untersuchung der Stellung der Knospen in Bezug auf Mutterwurzel (*rm*) und Seitenwurzel (*rl* Fig. 37) findet man, dass dieselben nicht genau in den Oberachseln der letzteren sitzen, sondern mehr auf der Seite derselben, wie in der Figur angegeben, und dabei ziemlich willkürlich nach rechts oder links; ich glaube nicht, dass diese Eigenthümlichkeit eine besondere Bedeutung hat, sie hängt wahrscheinlich mit der Stellung des obengenannten Sclerenchymfaserbündels zusammen.

Die Blattstellung der Knospen ist vom Anfang an $^2/_5$; dabei steht das erste Blatt (f^1 Fig. 38), für den Beobachter, welcher die Mutterwurzel vertical vor sich hält, und den Vegetationspunkt der Knospe betrachtet, entweder genau nach rechts oder nach links; das zweite Blatt (f^2) sitzt nach unten oder nach oben, das dritte (f^3) nach oben oder nach unten. Da das erste Blatt mit seiner Rückenseite genau der *Seitenwurzel* zugewendet ist, so finden wir hier ein neues Beispiel für eine für die Wurzelknospen vielfach zutreffende Regel, welche wir besonders schön bei *Rumex Acetosella* kennen lernten und später bei *Cirsium arvense* und anderswo zurückfinden werden. Uebrigens liegt in diesem Falle kein Grund vor zur Behauptung, das erste Blatt der Knospe lasse sich als das Deckblatt derselben betrachten, und dieses wird besonders desshalb unannehmlich, weil das Internodium unterhalb dieses ersten Blattes sich etwas verlängert. Wir werden dagegen bei einigen andern Wurzelknospen sehen, wie bei denjenigen von *Convolvulus arvensis* und *Linaria vulgaris*, dass eben diese letztere Auffassung sich hier so zu sagen von selbst aufdrängt.

Das erste Blatt der Siumknospen ist entweder einfach linealisch (Fig. 35), oder es besitzt eine dreizählige Spreite mit linealischen Fiederchen. Die Samenlappen von *Sium* werden wohl diesen einfachen Blättchen vollständig gleichen. Die späteren Blätter sind zwei bis dreifach gefiedert, wie übrigens für alle Wasserblätter von *Sium* die Regel ist, während die Luftblätter bekanntlich einfach gefiedert sind. Im Knospenzustand sind die Spreiten der Wurzelsprosse sehr hübsch hakenförmig gebogen.

Die zwei ersten Nebenwurzeln, welche ich frühzeitig aus der Basis der Knospen hervorbrechen sah (*r a* Fig. 35 und 36) waren etwas unterhalb des ersten Blattes und neben den Rändern desselben befestigt.

Uebrigens muss ich die Besprechung der Nebenwurzelstellung der Umbelliferen, als noch zu wenig durchforscht, übergehen. Dagegen mögen einige dessbezügliche Bermerkungen über die Crassulaceen an dieser Stelle Raum finden.

§ 5. *Nebenwurzelstellung bei den Crassulaceen. Blattknospen von Bryophyllum calycinum.*

Die vegetative Reproduction der Crassulaceen ist in mancher Beziehung äusserst merkwürdig; dieses gilt besonders für die Wurzelbildung aus den Stengeln und die Knospenbildung aus den Blättern. Ich untersuchte die Nebenwurzelstellung bei *Sedum acre*, welche sehr bemerkenswerth ist. Am unteren Theile des Stengels dieser Pflanze findet man in den Achseln von einigen Blättern Knospen, von anderen, Nebenwurzeln, bei wieder anderen, beide zusammen, und schliesslich, bei den Meisten, Nichts. Die fadenförmigen Wurzeln mit ihren schön carminrothen Vegetationspunkten * entspringen eigentlich aus der Basis der gewöhnlich rudimentär bleibenden Knospe, entweder vereinzelt oder zu zweien und dieselben sind durchaus nicht im Zusammenhang mit dem Centralcylinder des Mutterstengels. In Bezug auf das Tragorgan, hier also die Knospe, sind sie beinahe exogen. Bisweilen findet man in den Blattachseln sehr eigenthümliche Uebergangsbildungen zwischen Knospen und Wurzeln, welche ich an einer anderen Stelle zu beschreiben hoffe. Bei *Sedum purpurascens* und *S. Telephium* findet man durchaus dieselben Verhältnisse zurück.

D. Clos gibt eine Uebersicht der vom ihm und anderen Forschern beobachteten Wurzelanordnungen, welche sich ungefähr folgenderweise zusammenstellen lässt:

* Rothe Vegetationspunkte, welche oft unter einer farblosen Wurzelmütze sitzen, kommen bei vielen Crassulaceen und Saxifragaceen vor; ich weiss dieselben nur mit dem Augenfleck der Euglenen und anderer Protisten zu vergleichen. Gewöhnlich sind nur vier, sechs oder acht Meristemzellen gefärbt; bei *Sedum acre* kommt dazu noch eine leichte rothe Farbe ein wenig hinter der Vegetationskegel.

Erstens, die Nebenwurzeln stehen vereinzelt neben der Basis des Blattes, wie bei *Sedum album.*

Zweitens, neben jeder Seite der Blattbasis sitzt eine Nebenwurzel, wie bei *Sedum spurium.*

Drittens, die Nebenwurzeln sitzen in den Blattachseln, entweder vereinzelt, wie bei *Sempervivum tectorum,* zu zweien wie bei *Sedum altissimum*, oder in Gruppen von ein bis vier wie bei *Crassula arborescens*, *Bulliardia aquatica* und *Tillaea moschata.*

Viertens, die Nebenwurzeln entstehen aus der unteren Insertionslinie des Blattes, dem Rückennerven genähert, wie bei *Crassula lactea.*

Diese Angaben genügen um zu zeigen, dass die Knospen und Nebenwurzeln der Crassulaceen so zu sagen zusammen gehören, sie verhalten sich durchaus auf der nämlichen Weise, wie bei *Equisetum*, *Marsilia* und *Selaginella.* Ich erwartete desshalb, dass sich in dieser Familie auch leicht Wurzelknospen würden ausbilden können, denn wenn man sieht, dass die Knospen in so hohem Maasse die Stellung der Nebenwurzeln am Stengel beeinflussen, so fühlt man sich geneigt auch die Existenz der umgekehrten Correlation als wahrscheinlich zu betrachten, wenigstens in einer so plastischen Familie wie die Crassulaceen. Indessen ist mir kein einziges Beispiel von Wurzelknospen bei den Crassulaceen bekannt geworden; specielle gärtnerische Versuche werden aber hier wohl niemals genommen sein, weil diese Pflanzen sich so ausserordentlich leicht vermittelst Stecklinge vermehren lassen.

Dagegen ist die Reproductionsfähigkeit aus den Blättern hier bekanntlich sehr stark entwickelt, und dieses mag zwar in erster Linie auf die Lebenszähigkeit der Gewebe zurückzuführen sein, allein sie dürfte auch begünstigt werden durch die starke „wurzelbildende Kraft" der Knospenanlagen. Besonders bei *Bryophyllum calycinum* sind die allbekannten Knospen der Blattkerben ausführlich untersucht, und Herr Berge hat gezeigt, * dass die erste Anlage, Herr Wakker, dass das weitere Auswachsen der zu diesen Knospen gehörigen Wurzeln, erst dann erfolgt, wenn eine bestimmte Aenderung im Wasserzustande des Blattes eintritt, durch welche die Entfaltung der Knospe verursacht wird. Herr Wakker † hat diese Aenderung zu bestimmen gesucht, und ist zum Resultat gekommen, dass das Aufhören des Wasserstromes im Blatte, sei es durch Untertauchen in Wasser oder durch Trennung von dem wasseranführenden Mutterstamm, als solche in Betracht kommt. Da diese Aenderüng nur die Knospe beeinflusst, muss diese

* Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von *Bryophyllum calycinum*, pag. 17, Zürich 1877.

† Onderzoekingen over adventieve knoppen, pag. 86, Haarlem 1885.

Knospe ihrerseits den Reiz zur Wurzelbildung erzeugen. Wie dieses geschieht ist zwar noch unbekannt; die Frage ist hier aber scharf gestellt und ihre Beantwortung umfasst offenbar nur ein Theil der Erklärung der schon so oft in dieser Abhandlung genannten correlativen Beziehung zwischen Wurzeln und Knospen, deren Allgemeinheit durch das ganze Reich der Gefässpflanzen wenigstens schliessen lässt, dass sie, obschon so oft mit anatomischen Structurdetails in Zusammenhang, auch vollständig unabhängig davon sein kann.

KAPITEL V.

Epilobium angustifolium — Hippophaë rhamnoides — Rubus Idaeus — Rosa pimpinellifolia — Spiraea Filipendula — Coronilla varia.

§ 1. *Epilobium angustifolium.*

Die Keimpflanzen von *Epilobium angustifolium* können schon auf ihrer Hauptwurzel Wurzelknospen erzeugen; diese letzteren wachsen sehr schnell und einzelne Exemplare kommen schon in dem ersten Sommer zur Blüthe. Die Stengel sterben darnach bis tief unter der Bodenoberfläche ab, und die Erneuerung findet dann statt vermittelst der genannten Wurzelknospen. In den späteren Jahren sind zwei Knospenarten für die Sprossbildung disponibel, erstens, die auf den Seiten- und Nebenwurzeln entstandenen Knospen und zweitens, Knospen, welche auf einem lebendig bleibenden unterirdischen Theile der vorjährigen Sprosse sitzen.

Die Querschnittsbilder der Epilobiumwurzeln, welche schon längst durch Dickenwachsthum verändert sind, können ausserordentlich verschieden ausfallen je nachdem man jüngere oder ältere Wurzeln untersucht. Bei den ersteren findet man ringsum den mit Leisten und Rinnen versehenen secundären Holzcylinder, welcher nur geringe Mächtigkeit besitzt, eine sehr dicke secundäre Rinde mit Stärke-, Schleim- und Raphidenzellen; bei den letzteren hat der Holzcylinder eine relativ viel grössere Ausdehnung erfahren, wie die Rinde, und zeigt die Eigenthümlichkeit eines Abblätterungsprocesses innerhalb einer Höhlung, welche sich ringsum eine vertrocknete centrale Strangmasse gebildet hat. Auch die äussere Oberfläche der Wurzel verliert fortwährend das Periderm in Form dünner Korklamellen. Sind die Wurzeln fünfstrahlig, was der gewöhnliche Fall ist, so gleicht die innere Höhlung einem fünfstrahligen Sterne, bisweilen sieht man aber die Vierzahl vorherrschen.

Da die anatomische Structur der Epilobiumwurzeln, wie aus diesen Andeutungen erhellt, in mancher Beziehung interessant ist, habe ich mich beschäftigt eine ganze Menge dieser Wurzeln in einer Haide auszugraben. Ich fand dabei eine grosse Mannichfaltigkeit in Bezug auf das gegenseitige Verhältniss zwischen Seitenwurzeln und Knospen; die von mir beobachteten Fälle habe ich in Fig. 40 in einem einzigen Uebersichtsbild zusammengestellt, das, wie ich glaube, eine weitere Beschreibung dieser Stellungsverhältnisse überflüssig macht. Man sieht daraus, wie fest, bei aller Schwankung in anderen Hinsichten, die morphologische Regel ist nach welcher die Wurzelknospen an der Basis der Seitenwurzeln gebunden sind.

Die Seitenwurzeln sind in kurzen Reihen von 2 bis 4 Stück angeordnet, wovon die äussersten stets die jüngsten sind. Die Ursprungsstellen der Letzteren liegen ziemlich tief in der secundären Rinde vergraben, so dass man schliessen muss, dass sie sehr spät angelegt werden; verfolgt man deren Centralcylinder, so findet man, dass dieser sich mit demjenigen einer benachbarten älteren Seitenwurzel verbindet.

Die Knospen entstehen aus der Basis der Seitenwurzeln, jedenfalls erst dann wenn diese selbst bis zu einer beträchtlichen Länge ausgewachsen sind, und mit dieser späten Entwicklung in Uebereinstimmung üben sie keinen grossen Einfluss aus auf die Structur des Centralcylinders, welcher sich unter ihnen in der Seitenwurzel befindet. Im Allgemeinen scheint die Knospe am leichtesten in der Unterachsel (*l* Fig. 40) zu entstehen, Ausnahmen sind aber nicht selten. In einzelnen Fällen fand ich die Knospen ziemlich tief in der Rinde der Mutterwurzel befestigt, und ich zweifle nicht daran, dass sie dann durch directe Umwandlung secundärer Seitenwurzelanlagen entstanden wären.

Die ersten Blätter der Angustifoliumknospen sind decussirt gestellt; von dem ersten Blattpaare sitzt, wie ich glaube immer, ein Blatt der zugehörigen Seitenwurzel zugewendet. Die jungen, noch in der Knospenanlage befindlichen unterirdischen Blätter besitzen ein schönes, violettes, der Blüthenfarbe ähnliches Colorit.

So bald es einer Wurzelknospe gelingt ein oberirdisches Sprosssystem zu erzeugen, werden die nächstbenachbarten Knospen in Folge von Wachsthumscompensation zu Schlafaugen, welche viele Jahre lang ruhen können. Neue Knospen bilden sich dann vorerst (ich zählte z. B. derer drei bis fünf Jahrgänge), wie schon oben hervorgehoben, aus der Basis der beim Absterben der oberirdischen Theile lebendig bleibenden unterirdischen Stengelreste; zu einer eigentlichen Rhizombildung kommt es hier niemals, was übrigens auch für alle andere Pflanzen mit Wurzelknospen zutrifft. Bei *a* Fig. 40 sieht man ein im October ausgegrabenes dreijähriges kurz zusammengedrungenes Sprossystem, wovon die diessjährige Stengelbasis II, mehrere Knospen trägt, von welchen eine der unteren, nämlich

III den Erneuerungsspross des nächstens Sommers erzeugen wird; bei I befindet sich die Narbe des vorjährigen Sprosses.

Zum Schlusse erlaube ich mir kurz auf die Nebenwurzelstellung der Epilobien und ihrer Verwandten hinzuweisen. Diese ist eine eigenthümliche. Bei *Epilobium angustifolium* fand ich an den unterirdischen Stengeln entweder eine Wurzel in der Seitenknospenachsel, gerade so wie bei *Lythrum Salicaria*, oder zwei Wurzeln, je eine rechts und links von der Knospe und zu gleicher Zeit etwas unterhalb derselben; für manche Wurzeln konnte ich aber keine bestimmte Stellung auffinden. Bei den merkwürdigen Zwiebeln von *Epilobium parviflorum* sitzen je zwei Nebenwurzeln in den Achseln der Zwiebelschuppen, und ähnliche Verhältnisse werden bei anderen Arten gefunden. So findet man bei *Isnardia palustris*, welche zwei bis drei nodale Wurzeln an den horizontalen Sprossen trägt, besonders an den aufrechten Zweigen eine Wurzel in der Knospenachsel. An den Keimachsen von *Trapa natans* sitzen Nebenwurzeln genau unterhalb der Knospen und die merkwürdigen Schwimmwurzeln von *Jussiaea repens* sitzen eben wie die normalen Wurzeln der Pflanze wenigstens zum Theile in den Blattachseln.

Die Stellung der Nebenwurzeln an den Stengeln scheint auch bei der verwandten Familie der Haloragidaceen * überall ziemlich eigenthümlich zu sein, denn für verschiedene Arten werden durch CLOS blattachselständige Wurzeln erwähnt, wie bei *Myriophyllum intermedium*, *M. siculum* und *Proserpinaca palustris*, so wie durch IRMISCH ein Zusammenhang der Wurzeln mit den Seitenknospen bei *Hippuris vulgaris*. Andere Arten verdienen näher untersucht zu werden.

§ 2. *Hippophaë rhamnoides.*

Auch bei dieser Pflanze (Fig. 41 *a* Taf. IV) stehen die zweireihig angeordneten Seitenwurzeln zu kleinen zwei- bis viergliedrigen Gruppen vereinigt, ähnlich also wie bei *Epilobium angustifolium* und *Rumex Acetosella.* Diese Seitenwurzeln sind nicht alle gleich alt und damit in Uebereinstimmung entstehen sie nicht gleich tief in der secundären Rinde. Die Mutterwurzel besitzt einen zweizähligen Centralcylinder (Fig. 41 *b*), welcher beim Dickenwachsthum zwei breite Markstrahlen erzeugt. Die Verbindung der ältesten Seitenwurzeln mit den primären Gefässplatten ist sehr leicht zu beobachten, für die später entstehenden Seitenwurzeln ist dieses schwieriger.

Einzelne Wurzeln von *Hippophaë* erzeugen Knospen, wie schon von OERSTED

* Die Existenz von Wurzelknospen in dieser Familie fand ich nur für *Gunnera scabra* angegeben.

angegeben, und diese Eigenschaft soll ebenfalls bei *Elaeagnus argentea* und *E. angustifolia* vorkommen, die Knospen sind aber sporadisch und man muss oft lange danach suchen; bei *Hippophaë* bilden sie unzweifelhaft ein Mittel zur Verbreitung der Pflanze im Dünen- und Haidesand. Eine genaue Betrachtung der Knospen lehrt, dass dieselben ohne Ausnahme in den Nebenwurzelreihen sitzen, darin nur selten allein stehen sondern gewöhnlich in den obengenannten Seitenwurzelgruppen vorkommen. In Fig. 41 *a* findet man die gewöhnlichen Combinationen zusammengestellt. Es kann nicht daran gezweifelt werden, dass diese Knospen metamorphosirte Wurzelanlagen sind. Zwar ist die Zahl welche sich in einer knospenführenden Gruppe vorfindet oft grösser, als wenn sich nur Wurzeln darin gebildet hätten, allein man hat Grund solche Fälle durch eine frühzeitige Verzweigung zu erklären. Dass die Knospen bisweilen auf der Basis der Seitenwurzeln selbst vorkommen (*h* Fig. 41 *a*) muss durch Gewebeverschiebungen erklärt werden, und wir haben auch schon bei *Anemone sylvestris* ein ähnliches Verhältniss gefunden. Eine unzweifelhafte Bildung von Seitenwurzeln aus der Basis schon vorhandener Seitenwurzeln sah ich nicht und führe desshalb auch die Knospen auf die Mutterwurzel zurück.

Die Stellung der ersten Blätter an den Wurzelknospen ist nicht vollkommen constant; gewöhnlich sitzt die erste Zweizahl rechts und links in Bezug auf Mutterwurzel und Seitenwurzeln, und es ist dabei bemerkenswerth, dass diese Blätter von einem kurzen Internodium getragen werden und nicht direct mit der Mutterwurzel verbunden sind.

§ 2. *Rubus Idaeus*, *R. odoratus und Rosa pimpinellifolia.*

Es gibt keine andere Familie mit so vielen Arten, welche Wurzelknospen erzeugen, wie die Rosaceen; besonders die Anzahl der baumartigen hierhergehörigen Formen ist sehr gross. Selbst diejenigen Arten bei welchen in unserem Clima Wurzelknospen unbekannt sind, tragen unter den Tropen nicht selten Wurzelbrut, wie Apfel und Birne; dabei muss aber nicht vergessen werden, dass solche Arten zu Gattungen gehören für welche die genannte Eigenschaft normal ist. In der Uebersicht der Rosaceenarten für welche ich die Existenz von Wurzelknospen angegeben fand, und welche ich nun folgen lasse, kommen vielleicht einige Arten vor, welche nur Callusknospen erzeugen, wodurch der Werth meiner Angabe geringer wird; ich war aber nicht in der Lage alle Arten selbst zu untersuchen und musste mich desshalb beschränken auf gärtnerischen Verzeichnissen.

Die hier zu nennenden Arten sind nun die folgenden: *Amelanchier ovalis*,

A. vulgaris, *A. Botryapium*; *Cydonia vulgaris*, *C. japonica*, *Cotoneaster vulgaris*, *C. pyracantha*; *Pyrus*; *Rosa*; *Sorbus torminalis*; *Rubus odoratus*, *R. suberectus*, *R. Idaeus*, *R. caesius*, *R. plicatus*; *Kerria japonica*; *Spiraea Filipendula*, *S. hypericifolia*, *S. Douglasi*, *S. nepalensis*, *S. expansa*, *S. corymbosa*, *S. sorbifolia*, *S. laevigata*, *S. salicifolia*; *Amygdalus nana*, *A. sibirica*; *Prunus domestica*, *P. Padus*, *P. Armeniaca*, *P. Cerasus*, *P. insititia*, *P. spinosa*, *P. lusitanica*, *P. canadensis* und *P. Laurocerasus*.

Zur näheren Betrachtung von *Rubus Idaeus*, *R. odoratus* und *Rosa* übergehend, bemerke ich zuerst in Betreff auf die Himbeere, dass das Perenniren dieser Pflanze zwar nicht ausschliesslich jedoch für einen wichtigen Antheil von der Existenz der Wurzelknospen abhängig ist und dass die gärtnerische Multiplication darauf beinahe ausschliesslich beruht. Die Wurzelknospen sitzen schon eben so gut an der fadendünnen Hauptwurzel der Keimpflanze, wie an allen späteren Wurzeln und deren Verzweigungen, allein dem Hypocotyl fehlen sie; jedenfalls müssen dieselben also als volkommen normale Organe betrachtet werden. Auch bei *Rubus odoratus* sind die Wurzelknospen sehr allgemein, dagegen bei den Rosen viel seltener. Ursprung und Stellung der Knospen, sind bei allen diesen Arten so vollkommen übereinstimmend, dass es mir geeignet vorkam dieselben zusammen zn behandelen.

Das Dickenwachsthum der Rosaceenwurzeln ist ein sehr ausgiebiges, und damit hängt zusammen, dass die primäre Rinde frühzeitig abgeworfen wird. das Pericambium, welches dadurch an die Oberfläche kommt, bildet im Allgemeinen eine dunkelbraune abblättende Korkschicht durch welche man die Knospen hervorbrechen sieht. Bei allen von mir untersuchten Arten, fand ich das nämliche Verhalten, und ich muss desshalb glauben, dass die Knospen bei den Rosaceen im Allgemeinen viel später angelegt werden, wie die direct aus dem Pericambium entstehenden primären Seitenwurzeln. Dieses ist desshalb merkwürdig weil diese Knospen ohne Ausnahme in den Seitenwurzelreihen angeordnet sind. Bei der vierzähligen Wurzel von *Rubus Idaeus* (Fig. 42 Taf. IV) * stehen die Knospen und Seitenwurzeln desshalb in vier Rehen, bei *R. odoratus* ebenso, bei *Rosa pimpinellifolia* gewöhnlich in drei, bei *Prunus domestica* in sieben u. s. w. Eine andere Beziehung zwischen den Knospen und den Seitenwurzeln wie diese, konnte ich bei den genannten Arten nicht sicher auffinden, obschon ich lange nach Seitenwurzelanlagen neben den Knospen gesucht habe.

* In dieser Figur sind durch die Buchstaben *a—e* die verschiedenen von mir gesehenen Stellungen der Wurzelknospen der Himbeere angegeben.

Nur bei *Rubus odoratus* fand ich in Tangentialschnitten durch die secundäre Rinde der Mutterwurzel neben der weiten Marklücke, welche sich unterhalb der Knospen vorfindet, einen rudimentären Gewebestrang, der eine eigenthümliche Structur besass, rundlichen Umris hatte und vollständig identisch zu sein schien mit den auf Wurzelrudimenten zurückzuführenden Gebilden, welche bei *Euphorbia Esula* neben den wenigen Knospen vorkommen, welche nicht in der Achsel einer Seitenwurzel sitzen, so dass ich daraus schliessen zu müssen glaube, dass auch bei *Rubus odoratus* die scheinbar vereinzelt stehenden Knospen zu Seitenwurzeln gehören, welche nicht zur Ausbildung gelangen. Bei der äusseren Betrachtung knospentragender Himbeerenwurzeln findet man nur vereinzelte Knospen in den Seitenwurzelachseln, so dass diese Stellung hier eine zufällige zu sein scheint. Bei dieser Pflanze und bei der Rose habe ich auch nach den genannten Rudimenten vergebens gesucht, und es ist jedenfalls sicher, dass viele ihrer Knospen durchaus unabhängig von Seitenwurzeln entstehen müssen, da sie selbst im Korkcambium der secundären Rinde angelegt werden können. Ich habe dieses besonders deutlich für die Rosenwurzeln constatiren können. In Fig. 43 sieht man den Querschnitt der dreistrahligen Wurzel von *Rosa pimpinellifolia*; unterhalb des Periderms (*p d*) ist die Knospe gefestigt und kommt durch einen Riss in demselben nach aussen. Die Knospe correspondirt zwar mit einem der Markstrahlen (*m s*) ist damit aber keineswegs durch einen Gefässtrang verbunden; selbst die Sclerenchymfaserbündel (*s c*) laufen ununterbrochen unterhalb der Knospe hindurch, sodass diese sich durchaus als eine Neubildung des Korkmeristems und der darangrenzenden Zellschichten ergibt. Uebrigens findet man, dass die Centralcylinder der stärkeren Knospen mit dem secundären Holze und dem Cambium der Mutterwurzel direct zusammenhängen und, dass man diese letzteren Knospen, wenigstens ihrer Stellung nach, als metamorphosirte Seitenwurzeln auffassen kann.

Die aus den Wurzelknospen der Himbeere entstehenden Sprosse, erzeugen einen rosenfarbigen Stengeltheil mit Blattschuppen von derselben Farbe, sie sind ziemlich stark behaart und tragen eine dicke Endknospe, augenscheinlich ohne jede besondere Anpassung an das unterirdische Leben.

Pyrus japonica bildet ausserordentlich leicht Wurzelknospen, welche dann und wann unmittelbar zu Blüthenbündeln auswachsen.* Die Knospen werden oft auf einem kleinen Callus erzeugt, welcher letzterer irgend aus der secundären Rinde genau in der Richtung eines kräftigen primären Markstrahles entsteht und auf der bei *Populus alba* beschriebenen Weise, so zu sagen allmählich in

* *Gard. Chronicle,* 21 Febr. 1885, pag. 249.

eine beblätterte Knospe verändert. Hier scheint mir durchaus kein Grund mehr vorzuliegen die Knospe als ein Umwandlungsproduct einer Wurzel aufzufassen.

§ 4. *Spiraea Filipendula.*

Spiraea Filipendula besitzt bekanntlich zwei verschiedene Wurzelarten, nämlich erstens fadenförmige und zweitens moniliform verdickte, beide sind in der Regel dreizählig und verlieren frühzeitig ihre primäre Rinde; das Periderm wird später bei beiden dunkel schwarz. Wenn man die knolligen Wurzeltheile dieser Pflanze in cylindrische Stücke * zerschneidet und diese eingrabt, so bilden sich daraus bald neue Individuen. Letztere stehen vorzugsweise in der unmittelbaren Nähe der Wundfläche des Oberendes, sie gehören überdiess stets zu einem Seitenwurzelbündel, welches hier ähnlich gebaut ist, wie bei *Epilobium angustifolium.* Auch hier findet man nämlich stets, eben wie bei letzterer Pflanze, die Neubildung von Seitenwurzeln (rl^1 Fig. 44) aus der Mutterwurzel an der Basis schon vorhandener Seitenwurzeln (rl) localisirt, an allen übrigen Stellen der Mutterwurzel scheint diese Facultät zur Reproduction zu fehlen; die Seitenwurzeln verschiedenen Alters kommen daher in zwei- bis dreizähligen Reihen zu stehen. Die jüngeren werfen bald ihre primäre Rinde ab und werden dann schwarz; nur einzelne davon schwellen zu den stellenweise verdickten Wurzeln an, die meisten bleiben dünn. Wenn sich Wurzelknospen gebildet haben so stehen diese auf der Basis der Seitenwurzeln, dort, wo die Letztere die Mutterwurzel verlassen, sie stimmen in dieser Beziehung am nächsten überein mit den Knospen welche wir bei *Nasturtium* und *Cochlearia* gefunden haben. Sie stehen gewöhnlich in einer kleinen Gruppe zusammen; beim Weiterwachsen wird aber nur eine davon bevorzugt. Hat man auch keine directe Veranlassung die Knospe als metamorphosirte Seitenwurzel der zweiten Ordnung zu betrachten, so ist doch jedenfalls sicher, dass sie aus dem, zur Bildung solcher Seitenwurzeln bestimmten Gewebe hervorsprosst.

Nebenwurzelstellung bei den Rosaceen. Bei nur wenigen Familien lässt sich der Zusammenhang zwischen Seitenknospen und Nebenwurzeln an den Stengeln, mögen diese unterirdisch oder oberirdisch sein, so leicht und so allgemein darthun wie bei den Rosaceen. Ein Zirkel mit der Knospenbasis als Mittelpunkt bildet die Insertionsstelle für die Nebenwurzeln, wenn man die mittlere Stellung von vielen Arten als Maassstab nimmt. So findet man bei *Kerria japonica* eine

---

* Diese riechen während einiger Augenblicke nach dem Zerschneiden angenehm aromatisch nach Saligenol.

*

Nebenwurzel in der Achsel der Seitenknospe; bei vielen Spireen beiderseits neben der Knospen eine Wurzel; so ist es ebenfalls bei den Rosen, wo sich noch überdies Wurzeln direct unterhalb der Knospe vorfinden. Bei den Potentillen sitzt oder sitzen eine oder mehrere Wurzeln an den Knoten, der Seitenknospe genähert, welche beim Auswachsen die, die Knospe schützende Blattscheide durchbohren. Oft sieht man bei derselben Potentillapflanze an einem Knoten die Wurzeln oberhalb der Blattinsertion, an einem anderen Knoten etwas darunter. *

§ 5. *Coronilla varia.*

Von den krautartigen Papilionaceen ist *Coronilla varia* die einzige mir bekannte Art mit Wurzelknospen. Von den holzigen Formen, welche in dieser Beziehung zu erwähnen sind, nämlich *Coronilla Emerus*, *Cytisus purpureus*, *C. sessilifolius*, *C. Laburnum*, *Genista sagittalis*, *Gymnocladus canadensis*, *Robinia Pseudoacacia*, *R. hispida*, *Apios frutescens* und *Wistaria chinensis*, besitzen wahrscheinlich einige Arten nur Callusknospen.

Coronilla varia hat dreistrahlige Wurzeln, welche ziemlich stark verholzen und die gewöhnliche, für die Dicotylen eigenthümliche Structur besitzen. Nachdem die primäre Rinde abgestorben ist entwickelen sich an der Basis der Seitenwurzeln zahlreiche Wurzelknospen, welche nur ausnahmsweise allein stehen und auch dann in den Seitenwurzelreihen vorkommen. In Fig. 45 Taf. IV sieht man deren normale Stellung angedeutet, welche in Bezug auf die Mutterwurzel die Oberachsel der Seitenwurzel ist. In den Unterachseln der Seitenwurzeln werden die Wurzelknospen seltener angetroffen und am seltensten auf den Seitenkanten der Wurzelbasen. Da wir auch hier, wie in so vielen anderen Fällen, oft zwei oder drei Wurzeln zu einer Gruppe vereinigt beisammen finden, können auch die Knospen eine ähnliche Stellung zeigen, dabei ist es auffallend, dass keine zwingende Gründe vorliegen die Knospen als metamorphosirte Wurzeln anzusehen, denn die Zahl der zu den knospenführenden Wurzelgruppen gehörigen Wurzeln ist nicht geringer als wenn keine Knospen darin vorkommen. Aus der schematischen Zeichnung Fig. 46 wird dieses Verhalten so fort erhellen. † Man sieht daraus, dass selbst eine Sechszahl von Knospen

* An den verholzten Stengeln vieler Rosaceen bilden sich bekanntlich oft, obschon mit sehr verschiedener Leichtigkeit bei den verschiedenen Arten, internodiale Nebenwurzeln.

† Der Lithograph hat die Punkte, durch welche die Knospen angedeutet werden, etwas zu fern von den Seitenwurzelbasen gezeichnet.

zu einem zweizähligen Wurzelbündel gehören kann. Die Linie durch welche die Seitenwurzelbasen in der Figur verbunden sind, kommt wirklich vor, es bleibt nämlich beim Verschwinden der primären Rinde ein feiner Gewebestreifen genau in den Seitenwurzelreihen zurück.

Die Knospen haben eine grosse Neigung auszuwachsen, wobei sie anfangs unterirdische, fadenförmige (Fig. 45) farblose Sprosse bilden mit sehr kleinen Blättern an denen sich aber leicht die Spreite und die Nebenblätter erkennen lassen; die Spreite des Endblättchens ist gekrümmt, so dass der Spross hakenförmig endet, was bei den Rhizomen vieler anderer Papilionaceen ebenfalls beobachtet werden kann. Die Stellung der ersten Blätter am Sprosse scheint keine constante zu sein; zwar findet man gewöhnlich das erste und zweite Blatt der Wurzelknospen (*gr* Fig. 48 *a* und *b* Taf. IV) nach rechts und links in Bezug auf Mutterwurzel (deren Wachsthumsrichtung in der Figur durch die Pfeile angegeben ist) und zugehörigen Seitenwurzel (*rl*) gestellt (Fig. 48 *a*); in anderen Fällen fand ich aber das erste Blatt der Seitenwurzel, wozu die Knospe gehörte zugekehrt (Fig. 48 *b*); hier war das Verhalten also zu vergleichen mit dem was wir bei *Rumex Acetosella* gesehen haben.

Die anatomische Structur der Verbindungsstelle zwischen Knospe und Wurzel ist verschieden je nachdem man eine allein stehende Knospe untersucht oder eine zu einer Seitenwurzelgruppe gehörige. Während, wie oben angeführt, kein Grund vorliegt die Knospe in letzterem Falle als umgewandelte Wurzelanlage aufzufassen, könnte man sich dazu im ersteren Falle versucht fühlen; es sind besonders die Hauptwurzeln der Keimpflanzen, welche ihre primäre Rinde noch besitzen, woran man solche einsame Knospen antrifft. Vergleicht man nun Wurzelkern (*kw* Fig. 47) und Knospenkern (*kw'*) mit einander, so findet man als Hauptunterschied, dass sich unterhalb der Knospe eine Marklücke gebildet hat, welche aus Stärkeparenchym besteht und bis tief in den Centralcylinder der Mutterwurzel eindringt. In dem Seitenwurzelkern kommt eine solche Marklücke nicht vor sondern eben an deren Stelle ist starke Holzbildung zu beobachten. Also auch hier wieder die gewöhnliche Einrichtung, welche in Bezug auf die Oeconomie der gesammten Pflanze recht verständlich ist allein keine Sicherheit zu geben vermag über die morphologische Natur der primordialen Knospenanlage.

Die Wurzelknospen von *Coronilla varia* scheinen zuerst durch Irmisch beobachtet zu sein. Er untersuchte auch *C. montana* und *C. vaginalis* und fand dabei diese Organe nicht. Irmisch sagt in Bezug auf die Keimlinge unserer Pflanze Folgendes.* „Die Hauptwurzel dringt tief in den Boden hinein, und

---

* *Bot. Zeitung*, 1857, pag. 456.

auf ihr fand ich an den Keimpflanzen bereits im August, wo nicht selten die vertrockneten Keimblätter noch vorhanden waren, zahlreiche Adventivknospen, ja schon Anfang Juli erkannte ich die flachen Wülste aus denen sie hervorbrechen sollten. Ihre ersten Blätter, die oft links und rechts in Bezug auf die aufrechte Hauptwurzel standen, waren unvollkommen. Manche Knospen waren im August schon zu kleinen Stengeln ausgewachsen, deren einige drei- und fünfzählige Laubblätter hatten, während andere klein und unter dem Boden bleiben; zuweilen mögen alle Adventivknospen das erste Jahr unterirdisch verschlafen." Ob die Pflanze jemals aus dem Keimstengel Blüthen bringt ist mir unbekannt geblieben; ich glaube, dass dieses niemals der Fall sein kann und dass die Existenz der Art durch die Wurzelknospen bedingt wird.

Die Nebenwurzelstellung der Papilionaceen gibt zu genau denselben Bemerkungen Veranlassung wie bei den Rosaceen, auch hier ist in so zahlreichen Fällen eine correlative Beziehung zwischen Seitenknospen und Nebenwurzeln nachweisbar, dass man gezwungen ist darin ein primäres Agens der Stellungsverhältnisse der Nebenwurzeln zu erblicken. Da die Betrachtung jeder zuerst zur Hand kommenden Papilionacee, z. B. eines *Lathyrus*, eines *Trifolium*, einer *Vicia* geignet ist meine Ansicht zu beweisen, will ich darauf heute nicht weiter eingehen. Auch hoffe ich noch einmal in mehr Einzelheiten als wozu ich nun die Gelegenheit habe auf diese Sache zurückkommen zu können.

KAPITEL VI.

MONOTROPA HYPOPITYS — CONVOLVULUS ARVENSIS — SOLANUM DULCAMARA LINARIA VULGARIS — OROBANCHE GALII.

§ 1. *Monotropa Hypopitys. Wurzelknospen und Nebenwurzeln der Ericaceen im weiteren Sinne. Primulaceen.*

Auch für *Monotropa Hypopitys* scheint es wieder IRMISCH zu sein, welcher die wurzelständigen Adventivknospen entdeckt hat. Er sagt in Bezug auf diese Pflanze das Folgende: * „Eine Pflanze von der ich glauben musste, dass sie direct

* *Bot. Zeit.* 1857, pag. 465.

aus einem Samenkorn hervorgegangen war, trug an den beiden untersten Blattknoten tief unten am Stengel, wo aus demselben sich sofort eine Wurzel (die Hauptwurzel) senkrecht nach unten fortsetzte erst je ein Paar Schuppenblätter (das unterste entsprach wohl den Kotyledonen), welche besonders desshalb deutlich opponirt erschienen, weil die Schuppen seitlich durch eine niedrige, an der blattlosen Stengelseite ablaufenden Leiste verbunden waren; die Leiste fehlte an den nächsten vier Blattpaaren deren Blätter noch opponirt standen, während die folgenden spiralig angeordnet waren. Unterhalb des allerältesten Blattpaares gingen links und rechts an der Grenze der hypocotylischen Achse und der Hauptwurzel, Wurzeläste ab und auf einem derselben stand dicht an der Stelle, wo er mit jener Achse zusammenhing ein Adventivspross." Da KAMIENSKI DRUDE, ich selbst und andere oft nach den Keimpflanzen von *Monotropa* gesucht haben, allein stets vergebens, scheint diese Pflanze sehr abhängig zu sein von ihren Wurzelknospen, und da keine andere Reproductionsorgane vorkommen kann es nicht befremden, dass diese Knospen schon bei der Keimpflanze gefunden werden.

In Bezug auf die Reproductionserscheinungen an den Wurzeln der erwachsenen Pflanze kann ich nur die Resultate von KAMIENSKI bestätigen. * Diese Resultate sind aber so interessant, dass die wiederholte Beschreibung derselben mir nicht überflüssig zuscheint.

Die Wurzeln von *Monotropa*, welche ich untersuchte (Fig. 49*a* Taf. IV unten links) waren alle dreistrahlig; dieselben besitzen wie es scheint kein Dickenwachsthum und verlieren ihre dicke braune primäre Rinde (*cp* Fig. 49*b* und *c*) nicht. Es ist sehr mühsam ein sauberes Wurzelsystem, wie ein solches in Fig. 49*a* abgebildet ist, aus Humus und Erde loos zu präpariren; dieses rührt daher, dass die Function der hier fehlenden Wurzelhaare auf der ganzen Oberfläche der Wurzelspitze, wie KAMIENSKI gezeigt hat, übernommen wird durch eine dicke Mycelschicht, deren Verzweigungen in die Umgebung hineindringen und diese Letztere sehr compact mit der Wurzel verbinden; dazu kommt, dass die Wurzeln ausserordentlich zerbrechlich und sehr stark verzweigt sind. An wohlgelungenen Präparaten kann man leicht drei Jahrgänge der Pflanze erkennen. Da die Pflanze nämlich nur aus der Wurzel Sprosse erzeugt (*gr* Fig. 49*a*), und diese Wurzel wenigstens noch im dritten Jahre (möglich auch noch später) nach ihrer Entfaltung fortlebt, tragt sie nahe bei der Spitze Knospenanlagen, im mittleren Theile zur Entfaltung fertige Knospen oder blühende Pflanzen, am Hinterende die zurückgebliebenen Basen der oberirdischen Theile

---

* Les organes végétatifs du *Monotropa Hypopitys*, Cherbourg, 1882.

des vorigen Jahres. Die schönen weissen saftigen diessjährigen Knospen (*gr*) stehen in den Seitenwurzelachseln, jedoch gehört lange nicht zu jeder Wurzel eine Knospe. Kamienski zeichnet dieselben (l. c. Pl. I, fig. 1) nur in den Oberachseln, ich fand sie aber eben so oft in den Unterachseln, jedoch niemals auf den Seitenkanten der Wurzelbasen. Die ersten Blätter der Knospen scheinen stets nach rechts und links in Bezug auf das Mutterorgan gestellt zu sein.

Die Seitenwurzeln entsprechen in ihrer Anordnung den drei Xylemstrahlen; sie entstehen entweder gesondert oder zu zweien hinter einander. In den zweizähligen Gruppen ist die eine Wurzel stets viel später entstanden wie die andere und damit hängt es ohne Zweifel zusammen, dass bei der Bildung der jüngsten nur das Pericambium des Centralcylinders, bei der der ältesten überdies noch ein Theil der primären Rinde in Anspruch genommen wird (Fig. 49*c*).

Die Knospen stehen in manchen Fällen ohne jeden Zweifel an denjenigen Stellen, wo sich eine Wurzel hätte bilden können und, eben wie diese, enstehen sie aus dem Pericambium (*gr* Fig. 49*b*), müssen also die primäre Rinde (*cp*) durchbrechen um nach aussen zu kommen. Da selbst die inneren Schichten der primären Rinde, welche bei der Entwickelung so lange reproductionsfähig bleiben, durchaus nicht bei der Knospenbildung in Anspruch genommen werden (*gr'* Fig. 49*b*) muss man schliessen, dass der Reiz welcher die Knospenbildung veranlasst erst sehr spät die Gewebe affizirt, und dieser Schluss ist besonders desshalb erlaubt, weil die Knospen in allen Abtheilungen des Pflanzen- und Thierreiches überhaupt eine ausserordentlich starke Neigung zur exogenen Entstehung zur Schau tragen.

Die Sprossungsverhältnisse der in so mancher Hinsicht merkwürdigen *Pyrola uniflora* sind durchaus mit denjenigen von *Monotropa* zu vergleichen und brauchen hier kaum weiter besprochen zu werden. Irmisch hat schon gezeigt,* und ich fand seine Angaben völlig bestätigt, dass die Stengelorgane dieser Pflanze sich nicht verzweigen und die Knospenbildung nur auf den Wurzeln beschränkt ist, also genau wie bei *Monotropa.* Auch bei *Pyrola* sitzen die Knospen in den Achseln von Seitenwurzeln, welche ober- oder unterhalb der Knospen stehen und auch hier finden sich sehr oft zwei Seitenwurzeln beisammen.

Ebensowenig wie *Monotropa* bringt *Pyrola uniflora* Nebenwurzeln aus ihren Stengeltheilen hervor. Wünscht man aber zu beurtheilen auf welcher Weise die Nebenwurzelerzeugung hier stattfinden würde, wenn die Fähigkeit dazu existirte, so hat man sich nur zu der nahe verwandten *Pyrola secunda* zu wenden um Aufschluss zu erlangen. Die Individuen dieser Art erzeugen entweder

---

* Bemerkungen über einige Pflanzen der deutschen Flora. *Flora* 1855, pag. 625.

keine Wurzelknospen, oder nur eine oder zwei an der Hauptwurzel nahe beim Hypocotyl oder auf dem Letzteren, so wie an loose im Boden liegenden Wurzelfragmenten, derer letzterer Entwicklung und Stellung jedoch noch nicht zureichend festgestellt ist. Die Grenze zwischen Hypocotyl und Hauptwurzel sitzt tief unter dem Boden und ein feiner, schuppenblättertragender Spross wächst vertical nach oben. In den Achseln der Blattschuppen befinden sich Knospen, welche theilweise schon bei der Keimpflanze auswachsen, und, — was uns hier besonders interessirt — in den Achseln dieser Knospen sitzen die feinen Nebenwurzeln. Man findet hier also genau das umgekehrte Verhalten, wie an den Wurzeln von *Monotropa* und *Pyrola uniflora,* und eine gänzlich analoge Erscheinung wie bei *Nasturtium sylvestre*, denn bei dieser Art sitzen ebenfalls, wie wir sahen, Knospengruppen an den Basen der Seitenwurzeln und Nebenwurzelgruppen in den Achseln der Seitenknospen. Mit kleinen Differenzen ist es genau ebenso bei *Spiraea Filipendula* und bei *Coronilla varia*, und auch anderswo werden wir dieses Verhältniss zurückfinden.

Indem ich nun zur Betrachtung der übrigen Ericaceen übergehe, habe ich noch als wurzelknospenproducirende Arten zu erwähnen: *Azalea glauca*, *A. nudiflora*, *A. Pontica* und *A. viscosa;* ferner *Gaultheria procumbens* und *Clethra alnifolia* und nach WARMING auch *Pyrola chlorantha.* In Bezug auf die Angaben nach welchen *Vaccinium Vitis-Idaea* und *V. Myrtillus* Wurzelknospen erzeugen sollen, glaube ich, dass Verwechselungen mit unterirdischen Rhizomen vorliegen denn diese Theile können den Wurzeln sehr ähnlich werden, und ich habe nach langem Suchen hier keine Wurzelknospen finden können.

Die obengenannte Nebenwurzelstellung von *Pyrola* scheint der ganzen Ericaceengruppe eigenthümlich, davon ein morphologischer Character zu sein. Es ist eine sehr bemerkenstwerthe Erscheinung etwas oberhalb der Knospen aus den unterirdischen Sprossen von *Vaccinium Myrtillus,* wenn diese noch farblos und dünn sind eine einzelne, wenn sie älter, und durch Dickenwachsthum verändert sind eine kurze Reihe von Nebenwurzeln aus der Rinde hervorbrechen zu sehen, und dieser Vorgang mit demjenigen bei den verwandten Arten, welche alle nach dem nämlichen Typus arbeiten, zu vergleichen. Die Vaccinien überzeugten mich zum ersten Male, dass die Knospen einen sehr wichtigen Einfluss ausüben müssen beim Zustandekommen der Nebenwurzelstellung am Stengel im Allgemeinen.

Primulaceen. *Anagallis arvensis* trägt dann und wann hypocotylische Knospen. WYDLER sah in einem bestimmten Falle eine Knospe unterhalb eines der beiden Samenlappen und sieben unterhalb des anderen; diese sieben sassen in drei Reihen neben einander, drei in den mittleren und je zwei in den Seiten-

reihen. WYDLER sagt: * „Es ergibt sich daraus, dass ihre Stellung völlig verschieden war von der der Blätter und Zweige dieser Pflanze, hingegen grosse Aehnlichkeit zeigte mit der reihenweisen Anordnung der Wurzelsasern vieler einjährigen Gewächse." Andere Arten aus dieser Familie mit hypocotylischen Sprossen oder mit echten Wurzelknospen sind mir nicht bekannt.

Die Nebenwurzelstellung zeigt auch in dieser Familie vielfach interessante Beziehungen zu den Seitenknospen, *Trientalis*, *Soldanella*, *Glaux*, *Lysimachia* können dafür als Beispiele dienen.

§ 2. *Convolvulus arvensis.*

Die Keimpflanzen von *Convolvulus arvensis* † lassen sich viel schwieriger auffinden als wie man auf Grund der grossen Verbreitung der Pflanze erwarten würde, und für viele perenne Pflanzen im Allgemeinen und wurzelknospenerzeugenden im Besonderen gilt die nämliche Bemerkung. Dieses beruht erstens darauf, dass die Fruchtbarkeit dieser Pflanzen gewöhlich gering ist und zweitens auf dem Fehlschlagen des Keimungsprocesses, welcher letzterer Umstand von einer innaten Schwäche der Samen herzurühren scheint, denn diese werden oft vollständig verdorben in den Samenkapseln gefunden. Inzwischen findet man nach einigem Suchen in fruchtbarem Boden stellenweise Keimpflanzen der Winde in Ueberfluss, was auf die Nachbarschaft fruchtbarer Samenträger hinweist. Bei einer genauen Betrachtung dieser Keimpflanzen (Fig. 50 Taf. IV) findet man, dass sowohl auf dem Hypocotyl wie auf der Hauptwurzel, überall zwischen den Seitenwurzeln Sprossknospen zerstreut stehen, welche anfangs kleine Beulen auf der Oberfläche bilden da sie die primäre Rinde, worunter sie verborgen sind, nach aussen drücken. Die Hauptwurzel kann damit als wie übersäet sein, auf dem Hypocotyl sind sie seltener. Die jüngsten Knospen werden in einer ziemlich grossen Entfernung von der Wurzelspitze angetroffen und entstehen sicher nicht zu gleicher Zeit mit den Seitenwurzeln der ersten Ordnung. Sie kommen niemals ausserhalb der Seitenwurzelreihen vor, und da diese vierzählig angeordnet sind, stehen die Knospen ebenfalls in vier Linien. Auch auf den älteren Wurzeln fehlen die Knospen niemals ; § man sieht dieselben dabei unmittelbar

* Ueber subcotyledonare Sprossbildung, *Flora* 1855, pag. 625.

† T. IRMISCH. Ueber die Keimung und Erneuerungsweise von *Convolvulus Sepium* und *C. arvensis*, sowie über die hypocotylischen Adventivknospen bei krautartigen phanerogamen Pflanzen. *Bot. Zeit.*, 1857, pag. 433.

§ M. MALPIGHI war der Erste, welcher die Wurzelknospen von *Convolvulus arvensis* gesehen und abgebildet hat, Opera omnia, Ed. Lugd. Bat., 1681, pag. 147.

auf der Oberfläche sitzen, da die primäre Rinde in Folge des Dickenwachsthums entfernt worden ist. Die Knospen sitzen auf den alten Wurzeln stets in kleinen Gruppen zusammen; auffallend ist dabei, dass sich durchaus kein Zusammenhang zwischen denselben und den Seitenwurzeln nachweisen lässt, wie man auch in Fig. 50 bemerkt. Wir haben hier also einen ähnlichen Fall vor uns, wie bei manchen Rosaceen, wie z. B. bei *Rosa*, *Rubus Idaeus*, *Pyrus japonica* und anderen Arten.

Die anatomische Verbindung der Knospen mit der Mutterwurzel oder dem Hypocotyl lehrt man am Besten aus successiven Querschnitten kennen, den Bau der Knospen selbst aus Längsschnitten des Tragorganes. In Fig. 51 sieht man einen solchen Längsschnitt des Hypocotyls mit zwei Knospen abgebildet. Die Knospen sind offenbar ausschliesslich aus dem Pericambium des Centralcylinders entstanden, und selbst die Endodermis war bei deren Bildung nicht betheiligt. Die zwei ersten Blätter sind nach unten und oben gekehrt, das untere Blatt f^1 ist das älteste, dann folgt f^2, so dass hier mit einer zweizeiligen Blattstellung angefangen wird; man konnte auch sagen, dass f^1 das Deckblatt der Knospe sei, man hätte dann aber nach Analogie mit den Verhältnissen an den Stengeln f^2 auf der rechten oder linken Seite zu erwarten, und nicht nach oben gekehrt, wie in Wirklichkeit der Fall ist. Die späteren Blätter nehmen ziemlich genau die $^2/_5$-Blattstellung an. Man sieht dass diese Verhältnisse übereinstimmen mit dem was wir früher bei *Alliaria officinalis* gefunden haben, und es ist sehr bemerkenswerth, dass die Natur bei Pflanzen, welche so weit in ihren natürlichen Verwandtschaften von einander entfernt sind und bei einem so accessoren und seltenen Organe wie die Wurzelknospe, nach genau den nämlichen morphologischen Regeln arbeitet.

Auf einem Querschnitt des Hypocotyls bemerkt man in der primären Rinde von 10 bis 20 Luftkanäle (*l k* Fig. 52, 53, 54 und 56) welche in der Innenrinde * gelegen, und ungefähr circulär angeordnet sind. Nahezu sechs allmählich kleiner werdende Zellschichten trennen diese Kanäle von der sehr kleinzelligen Epidermis. Der Centralcylinder des Hypocotyls stellt sich zusammen aus acht Gefässbündeln von welchen je zwei aus den Cotyledonen und den zwei nächst höheren Blättern herkünftig sind; man sieht aus Fig. 55 Taf. V, dass die Knospe über dem Mittelraum zweier zu einem Blatte gehöriger Gefässbündel gestellt ist, also einer der vier Blattreihen der zwei ersten Stengelknoten entspricht, das ist in der näm-

* Die Innenrinde ist der centrifugalwachsende, die Aussenrinde der centripetalwachsende Theil der primären Rinde vieler Achsen und Wurzelorgane. Ob diese Differenz auch bei Blattstielen vorkommt weiss ich nicht.

*

lichen Stellung vorkommt, worin die Nebenwurzeln entstehen. Diese Verhältnisse bemerkt man am deutlichsten unten am Hypocotyl, denn höher (Fig. 52, 53 Taf. IV, 54 Taf. V) schliessen sich die Holztheile der 8 Gefässbündel frühzeitig zu einem einheitlichen Holzringe (xs) zusammen.

Am Uebergangspunkte des Hypocotyls in die Hauptwurzel schmelzen die acht von oben kommenden Gefässbündel zu vieren zusammen, in der Weise, dass je ein Cotyledonarbündel sich vereinigt mit einem Bündel, welcher aus einem Primordialblatte kommt. Die vier primären Xylemstrahlen der Hauptwurzel (xp Fig. 56 Taf. V) schieben sich zwischen die vier Bündel (xs Fig. 56) ein, und die Knospen, welche durchaus keine Veränderung in ihrer Stellung mit Bezug auf das Ganze erfahren, entsprechen an der Hauptwurzel diesen Xylemstrahlen.

Wenn die unterirdischen Knospen von *Convolvulus arvensis* durchwachsen bilden sie Sprosse deren Spitze revolutiv nutirt; im Boden wird natürlich jede Richtungsabweichung in ihrer Lage fixirt, so dass dadurch die Entstehung der eigenthümlich korkenzieherförmig gewundenen Rhizome, welche jedem Landwirth bekannt sind, erklärt wird. Es ist bemerkenswerth, dass sich in diesen unterirdischen Spiralen Kehrpunkte vorfinden, woraus hervorgeht, dass ihre Rotationsrichtung nicht constant ist, während die oberirdischen Sprosse constant von rechts nach links winden, dass heisst, dass deren Spitzen immer in einer, der des Uhrzeigers entgegengesetzten Richtung rotiren.

Nebenwurzeln suchte ich vergeblich bei *Convolvulus arvensis*, dieselben müssen jedenfalls nur in sehr beschränkter Anzahl entstehen. Dieses hängt damit zusammen, dass die einmal vorhandenen Wurzeln, welche oft sehr tief und wohl geschützt im Boden liegen, sehr alt werden, eine beträchtliche Dicke erreichen und die relativ wenig umfangreichen oberirdischen Theile gewiss leicht ernähren können. * Bei *Convolvulus Sepium* ist es dagegen sehr leicht Nebenwurzeln zu finden; dieselben sitzen gewöhnlich in Zweizahl, je eine rechts und links, unterhalb der Seitenknospe, in der Weise, dass beiderseits aus dem Blattgrunde, die äussere Blattspur durchbohrend eine Wurzel hervorbricht. Etwas Aehnliches lässt sich bei manchen anderen Convolvulaceen nachweisen. Die Wurzeln entstehen aus dem Perizikel des Stengelknotens, eben wie die Wurzelknospen aus dem Pericambium der Wurzel.

---

* Man findet gewöhnlich angegeben, dass nur die behaarten Spitzen junger Wurzeln das Wasser aus dem Boden aufnehmen, das ist aber durchaus nicht richtig, das Periderm alter Wurzeln ist oft ein ausgezeichnetes Absorbtionsorgan.

§ 3. *Solanum Dulcamara.*

Die vegetative Reproductionsfähigkeit dieser Pflanze ist ausserordentlich gross. Diejenigen Stengeltheile, welche dem Substrat angedrückt liegen oder sich darin befinden, sind förmlich mit Wurzelanlagen überdeckt, und die verholtzten Wurzeln, welche Licht und Luft ausgesetzt sind tragen ganze Reihen von Knospen. Bei einigen Lyciumarten kann man genau dasselbe beobachten.

Die Wurzeln von *Solanum Dulcamara*, welche ich untersuchte, waren vierstrahlig (Fig. 60 Taf. V); sie haben eine starke Neigung zum Verholzen und werfen früh die primäre Rinde weg. Die secundäre aus dem Pericambium entstandene Rinde (*cs* Fig. 60) bildet nach aussen eine dicke Peridermschicht (*pd*) und eine parenchymatische Rinde; nach innen besteht dieselbe aus einer dicken Schicht dünnwandiger Leitzellen, welche durch das Cambium (*cb*) gebildet worden sind; die Constituirung einer neuen Endodermis oder von neuem Pericambium konnte ich nicht beobachten. Die Entstehung der secundären Seitenwurzeln der ersten Ordnung ($r\,l_1$) geschieht auf einer, der primären Seitenwurzelbildung vollständig analogen Weise. Der Centralcylinder der Neubildung ($r\,l_1$ Fig. 59 und 60) entspricht genau denjenigen Zellschichten des Mutterorganes woraus der Centralcylinder von $r\,l^1$ entstanden ist, das heisst den Producten der inneren Theilungsschicht des primären Pericambiums. Der einzige Unterschied zwischen der primären und der secundären Seitenwurzel besteht bei unserer Pflanze nur darin, dass die Wurzelrinde und die Wurzelmütze der secundären, aus tieferen Zellschichten der secundären Rinde gebildet werden, wie bei der primären Seitenwurzel. Ich muss hierbei aber bemerken, dass die secundären Seitenwurzeln schon sehr früh der Anlage nach da sind, wie besonders deutlich aus der Verbindungsweise von dem Centralcylinder derselben mit demjenigen der Mutterwurzel erhellt. Wir finden hier also einen deutlichen Fall der Abnahme der Reproductionsfähigkeit der Rinde von aussen nach innen während des Dickenwachsthums.

Die Knospen von *Solanum Dulcamara* sitzen in kleinen Gruppen von zwei bis vier ringsum die Basis der Seitenwurzeln (*gr* Fig. 57 Taf. V oben in der Mitte), sie finden sich nur an alten Wurzeln und sind unzweifelhaft Producte, welche erst entstehen nachdem die Wurzel schon durch secundäres Dickenwachsthum verändert ist. Es ist ein merkwürdiger Anblick eine alte Solanumwurzel, welche man in feuchten warmen Sand begraben hat, sich nach kurzer Zeit überdecken zu sehen mit kleinen schön grünen Blätterschöpfen, welche aus länglich lanzettlichen, am Rande fein behaarten Blättchen bestehen. Da sich aus den Rindenspalten der Mutterwurzel aus welchen die Seitenwurzeln her-

vorbrechen Callusbildungen entwickeln, und in manchen Fällen die Beziehung der Knospen zu diesem Callus sehr deutlich ist, glaube ich, dass man bei dieser Pflanze auch dann an Callusknospen zu denken hat, wenn die Wurzelknospen nur mit der Basis der Seitenwurzel selbst zusammenzuhängen scheinen. Das Letztere ist sehr oft der Fall wenn der Callus klein geblieben ist, kann aber auch unter allen anderen Umständen vorkommen. Tangentialschnitte der Wurzelbasis lehren, dass solche Knospen eine nahezu symmetrische Anordnung in Bezug auf diese Basis innehalten, und oft in einem Vierecke gestellt sind; die Entwicklungszeit jeder einzelnen Knospe ist dabei aber sehr verschieden. In Fig. 62 sieht man einen solchen Tangentialschnitt abgebildet, in der Mitte ist der Centralcylinder (*cc*) der Seitenwurzel sichtbar, und die Knospen liegen mit ihren Blättern im Callusgewebe eingebettet. Eine Schwierigkeit, welche der Auffassung, die Wurzelknospen von *Solanam Dulcamara* seien Callusknospen, im Wege steht, ist darin gelegen, dass die Knospen an der Wurzelbasis, in Bezug auf die Oberfläche des Callus sehr tief entstehen, so dass die Regel, dass Callusknospen exogen oder beinahe exogen sind hier schlecht zutrifft. Das einzige was ich anführen kann um diesen Einwand zu widerlegen ist die Thatsache, dass auch diejenigen Knospen unserer Pflanze, welche ganz sicher Callusknospen sind ebenfalls tiefer angelegt werden, wie die Knospen in den Callusbildungen anderer Arten.

Bei der anatomischen Untersuchung findet man nicht selten Knospen, welche in ihrer Stellung sehr genau den oft fehlenden secundären Seitenwurzeln zu entsprechen scheinen (*gr* Fig. 61 Taf. V unten links). Bei näherer Betrachtung ergibt sich aber, dass hier eine solche Metamorphose nicht vorliegen kann. Man findet nämlich unterhalb solcher Knospen nicht den für die Seitenwurzeln characteristischen, zwar kurzen, allein stark verholzten Centralcylinder, und die Holzverbindungen von diesem mit dem Holz der Mutterwurzel, seitlich im primären Markstrahl, sondern ein sehr feines Gefässbündel (*g f* Fig. 61), welches offenbar aus dem Parenchym der secundären Rinde entstanden sein muss, und sich vergleichen lässt mit dem Leitbündel, welches wir zwischen Holz und Knospe bei *Ailanthus glandulosa*, wo die Knospe sicher als adventiv betrachtet werden muss, kennen lernten. Ich halte es demnach für bewiesen, dass auch diese Knospen vom Nachtschatten als Callusknospen bezeichnet werden müssen, und ich komme zum Resultat, dass *Solanum Dulcamara* nur Wurzelknospen erzeugt, welche mehr oder weniger direct ihren Ursprung dem Callus verdanken, und zwar demjenigen Callus, welcher in Folge der Verwundung der secundären Rinde beim Processe der Seitenwurzelbildung entsteht. Ist diese Ansicht richtig, so muss man erwarten, dass Wurzeln von *Solanum* als Stecklinge gebraucht, auch aus

dem hirnständigen Callus der Wundflächen Knospen werden erzeugen können, existirt aber, und ich halte mich davon überzeugt, ein begünstigender Einfluss auf die Knospenbildung durch die Nachbarschaft der Seitenwurzeln im Allgemeinen, so muss man weiter schliessen, dass letzterer Process am Lateralcallus eben durch diese Nachbarschaft gefördert werde, und desshalb hier mit grösserer Leichtigkeit zu Stande kommen wird wie an künstlichen Schnittflächen. Ich glaube aus vorläufigen Versuchen schliessen zu müssen, dass dieses auch wirklich zutrifft. Für andere ähnlich wachsende Wurzeln, wie z. B. die früher beschriebenen von *Populus alba* ist dieses sicher der Fall, hier bilden sich leichter und andauernder Knospen aus dem normalen Callus neben den Seitenwurzeln (*c l* Fig. 3 Taf. I), wie aus irgend einem willkürlichen, infolge künstlicher Eingriffe entstandenen Callus.

Die Nebenwurzelstellung der Solaneen wird am Besten characterisirt durch das Verhalten der unterirdischen Kartoffelsprosse. Man findet daran die Wurzeln in Gruppen von drei bis fünf in einer krummen Linie angeordnet, deren concave Seite der Knospe zugekehrt ist, also oberhalb und neben den Seitenknospen, und zwar diesen so viel wie möglich genähert, dergestalt, dass beide zusammen so zu sagen ein Ganzes bilden. Es scheint mir dabei besonders merkwürdig, dass die zwei niedrigsten Wurzeln der Fünfzahl, entweder oberhalb des Schuppenblattes stehen, oder den Blattgrund desselben durchbohren, oder endlich gänzlich unterhalb desselben befestigt sein können. Hieraus geht deutlich hervor, dass es nicht das Blatt sein kann, welches in erster Linie die Wurzelstellung beherrscht. Da die Wurzeln durchaus nicht aus den Knospen selbst entstehen, wie bei vielen Crassulaceen, sondern aus dem Perizikel des Centralcylinders des Rhizomstengels, kann es nicht wundernehmen, dass die jungen Knollen, wenn sie bewurzelt sind, was oft der Fall ist, sehr ansehnliche seitliche Verschiebungen zwischen Knospen und Wurzeln aufzeigen können im Vergleich mit dem Verhalten an den dünnen Rhizomen. Andere Solaneen schliessen sich vielfach der hier gegeben Darstellung für die Kartoffel an und dieses scheint auch für manche Cyrtandraceen und Gessneriaceen zu gelten.

§ 4. *Linaria vulgaris.*

Irmisch gibt die folgende Beschreibung der Adventivsprossungen von *Linaria vulgaris*:* „Sehr bald nach der Keimung, wenn die (ovalen oberirdischen) Cotyledonen noch ganz frisch sind findet man zunächst auf der Grenze der hyp-

* *Botanische Zeitung*, 1857, pag. 467.

ocotylischen Achse (deren Gefässbündel deutlich getrennt und in einem Kreise gestellt sind) und der Hauptwurzel (in der die Gefässbündel bald einen centralen Holzkern darstellen) schnell auswachsende Adventivsprosse, gewöhnlich mit dreigliedrigen Blattwirteln. Sie erscheinen in der Regel in Mehrzahl (die ersten gewöhnlich in *einer* Linie mit den Keimblättern, wohl desshalb, weil hier die Gefässbündel am kräftigsten sind), und bald brechen auch aus den tiefer im Boden befindlichen Theilen der Hauptwurzel solche hervor. Die eigentliche Hauptachse zeigt ein kümmerliches Wachsthum, wird bald von den Adventivsprossen überholt und geht früher oder später in allen seinen Theilen zu Grunde ohne dass eine axilläre Knospe an ihr übrig bliebe, durch welche die Pflanze, die ich im ersten Jahre nicht zur Blüthe kommen sah, und an der wohl auch nie die Hauptachse zur Blüthe gelangt, perenniren könnte. Zweijährige Pflanzen sah ich an einzelnen aus den Adventivknospen hervorgegangenen Stengeln zur Blüthe kommen; an ihnen war auch noch die Hauptwurzel vorhanden die übrigens nicht stark geworden war. Sie hatte sehr viele und oft einen Fuss lange, auf der Oberfläche weisse Nebenwurzeln getrieben, von denen manche nahe unter der Bodenoberfläche hinliefen. Aus allen diesen Wurzeln pflegen sich, obschon sie kaum eine halbe Linie stark sind, die mit kleinen Blättern versehenen (sie bilden im Herbst oft eine kleine Rosette) Adventivsprosse zu entwickeln. Es treten aber auch an den Stengeltheilen soweit sie im Boden stehen perennirende Axillarknospen auf; eigentliche Ausläufer habe ich nicht gesehen." Auch viele andere Autoren haben die eigenthümliche Verzweigung von *Linaria* bemerkt, niemand hat darüber aber etwas Besseres gesagt, wie IRMISCH.

Eine Keimpflanze mit sechs hypocotylischen Knospen sieht man in Fig. 63 Taf. V abgebildet, durch die Ziffern 1—6 werden diese Knospen angegeben; die Cotyledonen sind sofort kenntlich an deren eigenthümlichen Spitze, — das lange im Samen verharrende „Saugorgan." Die Blattstellung an den Adventivachsen beginnt, wie man sieht, mit einem dreigliedrigen Wirtel, ein Blatt dieses Wirtels ist von der Hauptachse abgekehrt und kann desshalb, seiner Stellung nach, als das Deckblatt der Adventivachse betrachtet werden, übrigens sehe ich für diese Auffassung keinen Grund. Eine bestimmte Stellung der Sprosse am Hypocotyl habe ich, im Gegensatz zu IRMISCH, nicht nachweisen können; wären die Knospen an der Spitze der Hauptwurzel befestigt, so würde man auf Grund der Analogie mit den Wurzelknospen, worauf ich unten zurückkomme, mit einem gewissen Rechte erwarten können, dass sie vierreihig angeordnet sein sollten, beobachtet habe ich dieses aber nicht.

Abweichend von dem, was wir bei anderen Pflanzen gefunden haben, ent-

stehen die hypocotylischen Knospen bei *Linaria* exogen. Bei den älteren Knospen bekommt man zwar bisweilen den Eindruck, dass die Epidermis sich nicht an der Knospenbildung betheiligt hat (*2* und *3* Fig. 64), bei anderen Knospen findet man aber für diese Annahme keinen genügenden Grund.

Querschnitte des Hypocotyls, welche zugleich die Knospe treffen (Fig. 65 und 66 Taf. V links und rechts in der Mitte) zeigen, dass alle Gewebesysteme des ersteren continuirlich in die des letzteren übergehen, so dass die Entwickelung der Adventivknospen jedenfalls sehr frühzeitig, nämlich, wenn das Mutterorgan noch nicht verholzt, und die primäre Rinde desselben noch meristematisch ist, zu Stande kommen muss. Wäre das Letztere nicht der Fall, so müsste sich nachträglich in der Mutterachse eine Gefässbündelverbindung zwischen den beiden Centralcylindern differenzirt haben, welche, wie uns schon aus anderen Beispielen bekannt ist, — ich errinnere in dieser Beziehung an *Rosa pimpinellifolia* und *Ailanthus glandulosa*, — ein ganz anderes Aussehen erlangt haben würde wie hier. Eine solche Verbindung nämlich, besteht anfangs nur aus einem feinen Holzbündel, zu welchem sich zwar später neue Bündel addiren, die aber niemals zur Bildung eines Centralcylinders führen, welcher, als wäre es durch Dichotomie, wie im vorliegenden Falle, aus demjenigen der Mutterwurzel entstanden zu sein scheint.

In Uebereinstimmung mit der wirtelig-dreizähligen Anfangsstellung der Blätter, lassen sich im Centralcylinder der Basis der Seitensprosse (Fig. 65 und 66) drei Gefässbündel nachweisen, welche sich aber spalten bevor sie mit dem Centralcylinder des Hypocotyls zusammenschmelzen. In Bezug auf die Anzahl der Adventivknospen, welche ein einziges Hypocotyl erzeugen kann, muss bemerkt werden, dass man zwischen den mit freiem Augen sichtbaren (*1*, *4*, *5*, *6* Fig. 63) mit der Luppe oft noch sehr kleine, wie rudimentär gebliebene Knöspchen (*2*, *3*) bemerkt, deren Entwicklung schon gehemmt wurde zur Zeit als sie nichts mehr wie undifferenzirte Vegetationskegel waren. Es ist bemerkenswerth, dass diese kleine Knospen eine sehr verschiedene Grösse erlangen können ehe sie zur Ruhe kommen.

Die Wurzelknospen von *Linaria vulgaris* zeigen manche Verschiedenheiten im Vergleich mit dem was wir bei anderen Arten gefunden haben, in einem wichtigen Punkte stimmen dieselben jedoch mit der Mehrzahl überein, nämlich darin, dass sie sich an der Basis von den Seitenwurzeln befinden. Hier ist das Verhalten so offen und klar, dass ich mich darüber wundere in der Litteratur nirgends das gewiss inseressante Factum constatirt zu finden. Wenn die Wurzeln so günstig möglich wachsen, und ihre Maximalproduction an Knospen erzeugen, findet man deren vier ringsum die Seitenwurzeln gestellt an den

meisten Ansatzstellen der Seitenwurzeln ist diese Zahl aber viel beschränkter. Wachsen diese Knospen zu Sprossen aus, so erhält das Ganze ein Aussehen, wie Fig. 67; hier sieht man ringsum die Basis einer der Seitenwurzeln vier ungleich lange beblätterte Zweige, welche eine diagonale Stellung in Bezug auf die Mutterwurzel besitzen, die Seitenwurzel steht im Mittelpunkte des Sprossvierecks; an den übrigen Wurzelbasen ist die Sprosszahl in der beigegeben Figur geringer, die Stellung der Sprosse schwankender. Ein vollständiges Fehlen der Knospen habe ich bei keiner einzigen von mir untersuchten Seitenwurzel feststellen können. Es ist hier also gerade umgekehrt, wie mit den Blattachselknospen an den Vegetationsorganen von *Linaria vulgaris*, diese fehlen in weitaus den meisten Blattachseln gänzlich. * Wenn zwei Knospen neben der Wurzelbasis vorhanden sind ist deren Stellung gewöhnlich auch in einer diagonalen Linie, worin dann die beiden, einander in Bezug auf die Seitenwurzel gegenübergestellt sind (Fig. 70). Ist nur eine einzelne Knospe gegenwärtig so finde ich die Stellung derselben ziemlich genau auf der linken oder rechten Seite der Seitenwurzel in Bezug auf die Längsachse der Mutterwurzel.

Die Wurzeln von *Linaria* scheinen immer zweistrahlig zu sein, ich fand wenigstens keine anderen. Ihr secundäres Dickenwachsthum ist langsam und mässig; die primäre Rinde wird nicht abgeworfen, und die Zellen der letzteren bekommen radiale Theilwände, wodurch sie der Dehnung des Innern folgeleisten können. Die Seitenwurzeln sind zweireihig angeordnet, den primären Xylenstrahlem entsprechend; ihre Entwickelungsgeschichte ist die normale, breite primäre Markstrahlen werden unter denselben aber niemals gebildet und da auch secundäre Markstrahlen fehlen, bekommt der Holzcylinder zuletzt eine so homogene Structur, dass es schwierig ist darin die zwei Gefässplatten nachzuweisen. Da die Gefässplatten in den Seitenwurzeln in Bezug auf die Mutterwurzel nach oben und unten fallen befinden sich die gesammten Verzweigungen der Linariawurzeln in einer einzigen ebenen Fläche. Diese Bemerkungen sind besonders desshalb von Wichtigkeit, weil daraus hervorgeht, dass die Wurzelknospen nicht als metamorphosirte Wurzelanlagen betrachtet werden können, denn wäre dieses wohl der Fall, so hätte man offenbar die Knospen nicht in diagonaler Stellung in Bezug auf Seiten- und Mutterwurzel zu erwarten, wie dieses wirklich zutrifft (*gr* Fig. 70), sondern median.

Die Entwicklungsgeschichte der Wurzelknospen ergibt sich aus der Betrachtung der Figuren 68 und 69, welche zwar ziemlich alten Wurzeln mit ruhenden Knospenanlagen entlehnt sind, die histologischen Structurverhältnisse aber nicht weniger

* Nebenwurzeln scheinen an den Stengeln von *Linaria vulgaris* überhaupt nicht vorzukommen.

deutlich darthun, wie die früheren Entwicklungsphasen. Die Knospen (*g r*) sind in Bezug auf die in der primären Rinde (*c p* Fig. 68 und 69) der Mutterwurzel verborgenen Seitenwurzelbasis vollständig exogen, so dass sie nur aus der primären Rinde (cp^2) dieser Letzteren entstehen; dieses wird besonders deutlich angezeigt durch die Tangentialschnitte (Fig. 68) der bezeichneten Stelle. Aus den Querschnitten der Mutterwurzel (Fig. 69), welche zu gleicher Zeit Seitenwurzel und zugehörige Knospen treffen, ist aber ersichtlich, dass man mit beinahe dem selben Rechte würde behaupten können, die Knospen (*g r*) entstehen ringsum eine Seitenwurzel aus der Oberflache des Centralcylinders der Mutterwurzel, allein die erstere Betrachtungsweise ist ohne Zweifel die richtigere. Verfolgt man den anatomischen Ursprung der Gewebe mehr in Einzelheiten so findet man, dass eine noch genauere Präcisirung des Ursprungs der Knospen möglich ist, und dabei lassen sich verschiedene Fälle unterscheiden. Bei einer ersten Reihe der von mir untersuchten Objecte fand ich, dass die primäre Rinde (cp^2) der Seitenwurzel bei unserer Pflanze nur aus dem Pericambium der Mutterwurzel, und zwar aus der äusseren der beiden Zellschichten, welche daraus durch die erste Theilung hervorgehen entsteht. In der ganzen secundären Rinde (cs^1 Fig. 69) der Linariawurzel kann man selbst im erwachsenen Zustande leicht eine Grenzlinie nachweisen, durch welche auch an allen übrigen, keine Seitenwurzeln erzeugende Stellen, die Producte der beiden genannten Zellschichten in deutlich sichtbarer Weise getrennt sind. In einer anderen Reihe von Fällen entstand die gesammte primäre Rinde der Seitenwurzel aus der Endodermis der Mutterwurzel, und die Knospen waren dabei dann natürlich ebenfalls auf die Endodermis zurückzuführen. Schliesslich sah ich Seitenwurzeln bei deren Entstehung auch noch ein oder zwei ausserhalb der Endodermis gelegenen Schichten der primären Mutterwurzelrinde betheiligt gewesen waren. Ich bin dabei zur Ansicht gekommen, dass dieser Unterschied abhängig ist von dem Lebensalter der Mutterwurzel zur Zeit der Wurzelanlage, je früher letztere zu Stande kommt, dessto mehr ist die primäre Rinde noch fähig Material für die Bildung der neuen Organe abzugeben, schliesslich verliert sie diese Fähigkeit, und dann kann nur das Pericambium die Reproduction besorgen. Auch in manchen anderen Fällen habe ich eine ähnliche von aussen nach innen fortschreitende Abnahme der Reproductionsfähigkeit beim älter werden eines Organes bemerkt.

Die Art und Weise wie sich der Centralcylinder der Seitenwurzel an denjenigen der Mutterwurzel ansetzt ist aus Fig. 69 ersichtlich. Ein breites Bündel stark verholzter Tüpfeltracheiden verbindet sich in horizontale Richtung mit den verticalverlaufenden Holzelementen der Mutterwurzel. Diese Bemerkung scheint mir desshalb von Interesse, weil die erste Anlage von Knospen aus

der Seitenwurzelbasis noch sehr spät erfolgen kann, und der verholzte Seitenwurzelkern (*kw* Fig. 69) dann als ein sehr geeignetes Intermediär betrachtet werden muss um den Wasserstrom der Mutterwurzel in die Knospe zu führen. Auf andere anatomische Details des Wurzelbaues näher einzugehen scheint mir überflüssig.

Betreffs des Vorkommens von Wurzelknospen bei anderen Scrophulariaceen ist mir Folgendes bekannt.

Vorerst gibt es eine Reihe von Linariaarten, welche mit *Linaria vulgaris* übereinstimmen, diese sind *L. Broussonetii*, *L. triphylla*, *L. supina*, *L. alpina* * und *L. striata*, von welcher letzteren Art ROYER sagt, dass die Hauptachse frühzeitig abstirbt und durch einen Adventivspross ersetzt wird. BERNHARDI bildete eine Keimpflanze von *Linaria arenaria* ab bei welcher sich ein Spross auf der Grenze zwischen Hauptwurzel und Hypocotyl vorfand. † Ferner hat WYDLER hypocotylische Knospen gefunden bei *Linaria minor* so wie bei *Antirrhinum Orontium* und *A. majus*, § deren zwei erste Blätter, wie wir schon mehrfach bei Wurzelknospen gesehen, nach oben und unten in Bezug auf das Hypocotyl gestellt waren. Schliesslich werden von WINKLER ausser bei einigen der schon obengenannten Arten noch hypocotylische Knospen erwähnt bei *Linaria arvensis*, *L. genistaefolia* und *L. italica*. ** Die Wurzelknospen von *Paulownia imperialis* wurden von TRÉCUL untersucht; †† er sagt, dass man bei einer genauen Betrachtung sehen kann, dass die Knospen hier entweder ringsum die Basis abgestorbener, oder beim Ausreissen der Wurzeln abgebrochener Seitenwurzeln entstehen, oder aus dieser Basis selbst hervorgehen, in welchem letzteren Falle das Unterende der Knospe nach TRÉCUL vollkommen die Structur einer Wurzel besitzt.

Auch viele Orobanchen besitzen Wurzelknospen, welche ich nun gesondert besprechen will.

§ 5. *Orobanche Galii.*

Die perennirenden Orobanchen erzeugen im Boden dicke, fleischige Wurzeln deren primäre Rinde empfindlich für Berührungsreize mit den Wurzeln der

---

* BRAUN, Hypocotylische Knospen. *Sitz. ber. der naturf. Gesells. z. Berlin*, 19 April 1870, *Bot. Zeit.*, 1870, pag. 438.

† *Linnaea*, 1832. Bd. 7, pag. 572.

§ *Flora* 1850, pag. 337.

** Hypocotylische Sprosse bei Linaria etc. *Verhand. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg.* Bd. 22, p. 1—5, 1884.

†† *Annales des sc. natur.*, 1847, T. 8, pag. 272.

Nährpflanze, oder, genauer ausgedrückt, empfindlich für chemische Reize, ausgeübt durch, von diesen Wurzeln ausgesonderten Stoffen, zu sein scheint. Wie dieses sein mag, so viel ist sicher, dass wenigstens bei *Orobanche Galii*, an denjenigen Stellen, wo eine Orobanchewurzel zufälligerweise mit einer Galiumwurzel in Contact kommt, aus der primären Rinde der ersteren eine Wucherung entsteht, welche beim Weiterwachsen die Galiumwurzel umfassen und einschliessen und ein wahres Haustorium bilden kann, wodurch die Nährwurzel ausgesogen wird. * Diese Haustorien sind die bevorzugten Stellen für die Bildung neuer Wurzeln und von Wurzelknospen; die letzteren habe ich aber auch an anderen Stellen der Wurzeln angetroffen, wo keine Haustorien bemerkbar waren. Die Art und Weise auf welcher die Knospen und Wurzeln sich aus den Haustorien bilden stimmt gänzlich überein mit dem nämlichen Processe bei der Keimung. Für diesen letzteren Vorgang zeigte CASPARY, † dass die fadenförmigen Wurzeln, sobald sie eine Wurzel der Nährpflanze gefunden haben, sich mit ihrer Spitze gegen die Oberfläche derselben anstemmen, und, dass bald darauf eine starke Anschwellung der Keimwurzel entsteht; die Spitze des Keimlings ist dann noch dünn und bleibt lange in der Samenschale eingeschlossen. Als Reaction der Einbohrung des Senkers, welche die Orobanchenkeimlinge in die Nährwurzeln senden, bildet sich an den Wurzeln von *Trifolium pratense* worauf *Orobanche minor* parasitirt, ein Ringwall ringsum die genannte Anschwellung des Parasiten, bei *Cannabis sativa* mit *Orobanche ramosa* geschieht dieses nicht, sondern ein Theil des Gewebes der Nährwurzel stirbt ab. Sobald der Keimling einige Millimeter gross geworden ist, entstehen zuerst aus der angeschwollenen Basis, später allmählich weiter und weiter nach oben strahlenartigangeordnete Wurzeln, welche sich zuerst in horizontaler Richtung ausbreiten, und wodurch der ganze Keim die sogenannte „Morgensternform" annimmt. Die Wurzeln beider Arten können neue Haustorien bilden, ob dazu die Berührung mit Wurzeln der Nährpflanze nöthig ist weiss ich nicht, ebensowenig ist mir bekannt was aus den Haustorien später werden kann. Für die Wurzeln von *O. galii* (*o w* Fig. 71 Taf. VI) habe ich, wie schon angeführt, die Nothwendigkeit einer solchen Berührung mit den Galiumwurzeln (*g w*) für die Haustorienbildung, wie ich glaube sicher gestellt, und bei dieser Art konnte ich gleichfalls das weitere Schicksal der Haustorien verfolgen: sie können Knospen erzeugen.

---

* H. SOLMS LAUBACH hat die anatomischen Verhältnisse, welche hierbei in Betracht kommen meisterhaft beschrieben und abgebildet in seiner interessanten Abhandlung: Ueber den Bau und der Entwickelung parasitischer Phanerogamen. *Pringsheim's Jahrbücher*, Bd. VI, 1868.

† R. CASPARY, Ueber Samenkeimung Specien und Nährpflanzen der Orobanchen, *Flora* 1854, pag. 577.

Bei der Verwachsung dieser Haustorien mit den Nährwurzeln sieht man die ersteren mehr und mehr anschwellen, wobei sie zuletzt eine Mittellinie von zwei cM. erreichen können. Gewöhnlich findet die Knospenbildung darauf statt in einem Stadium als sie noch jung sind; ob die alten Haustorienknollen noch Knospen bilden können weiss ich nicht, dieses scheint mir aber nicht unmöglich da die Knollen perenniren, und oft neben den abgestorbenen Resten des vorjährigen Blüthensprosses einen neuen Blattspross tragen. Es kommt auch vor (Fig. 72 Taf. IV), dass man die jungen Parasiten unmittelbar aus einer Orobanchewurzel entstehen sieht, ich fand dabei aber stets an der Stelle, wo die Knospe stand eine Galiumwurzel, welche im Gewebecomplex aufgenommen, und deren Grenze in Bezug auf das Gewebe des Parasiten unkenntlich geworden war. Es ist überhaupt sehr schwierig in den Verbindungsstellen zu entscheiden, wo die Nährpflanze aufhört und der Parasit beginnt; offenbar ist die Verwandtschaft der hier in Betracht kommenden heterogenen Gewebe ausserordentlich gross, und führt, zum Schlusse, dass auch in dem nämlichen Organismus an einander grenzende, augenscheinlich nur wenig verschiedene Gewebe in der Wirklichkeit sehr verschieden sein können.

Ich sagte schon oben, das die Weiterentwicklung der Haustorien übereinstimmt mit der Entfaltung des Keimlinges. Eben wie bei dem Letzteren aus der basalen Anschwellung, die sternartig gestellten Wurzeln hervorsprossen, so ist es auch bei den Haustorien, welche sich übrigens auch in anderen Hinsichten am besten mit der Anschwellung des Keimlings vergleichen lassen. Selbst die Entwicklung der Knospe scheint in den zwei Fällen viel Analoges zu haben. Inzwischen muss ich dieses mit Vorbehalt sagen, da ich nicht genau weiss, wie sich an der Spitze des Keimlings der Knospenvegetationspunkt bildet, im Besondern weiss ich nicht ob dieser frühzeitig oder spät angelegt wird.* Die Knospenanlage aus den Haustorien ist beinahe exogen, nur einzelne Korkzellschichten betheiligen sich nicht daran; ich zählte deren z. B. vier, diese bilden dann später einen kleinen Ringwall, welcher die Knospe circular einschliesst. Beim Weiterwachsen entstehen die Blätter anfangs in decussirter Stellung an den Knospenachsen.

Die Wurzeln von *Orobanche galii* (Fig. 73) sind drei- bis fünfstrahlig; die Grenze zwischen primärer Rinde und Centralcylinder ist sehr undeutlich, und so ist es ebenfalls in Bezug auf die Producte des secundären Dickenwachsthums. Die primäre Rinde (*cp*) ist sehr dick und erfährt viele Zelltheilungen beim

---

* Wahrscheinlich sehr früh. KOCH's Untersuchung der Entwicklungsgeschichte des Keimlings, PRINGSHEIM's *Jahrbücher*, Bd. XI, p. 218, lässt diesen Punkt unentschieden.

Anschwellen des Centralcylinders (*c c*). Die Haustorien (*h s*) entstehen exogen aus der primären Rinde, und entsprechen, wie ich glaube immer, den Siebtheilen des Centralcylinders; dieses ist ziemlich leicht festzustellen weil beim Dickenwachsthum stark entwickelte Markstrahlen in der Richtung der primären Xylemstrahlen auftreten.

Die Wurzeln, sowohl diejenigen welche sich aus den Haustorien bilden, wie die später aus der Basis der Knospe hervorsprossenden (*r a* Fig. 71 und Fig. 74) sind eben wie die Knospen beinahe exogen; * ich zählte im Gewebekragen ringsum die Wurzelbasis, welcher aus der durch die Wurzeln durchbohrte Rinde (cp^1 Fig. 74) des Mutterorganes entstanden war nur zwei Zellschichten. Directe Wurzelbildung aus anderen Wurzeln habe ich nicht beobachten können. Dagegen können sich, wie schon gesagt, aus der Wurzeloberfläche ohne, dass zuvor Haustorien entstanden sind, Knospen bilden; diese scheinen immer, eben wie die Haustorien selbst, in ihrer Stellung mit den Siebbündeln übereinzustimmen.

Die Haustorien gleichen sowohl in ihrer Structur, wie in ihrer starken Reproductionsfähigkeit dem Wundcallus. Ist dieser Vergleich richtig, so müsste der Einfluss der Berührung in deren Folge das Haustorium entsteht, sich mit einem Verwundungsreize vergleichen lassen. Da es nun, wie schon im Anfang dieses Paragrafen hervorgehoben, sehr wahrscheinlich ist, dass die Berührungsreize, wenigstens im vorliegenden Fall auf die Einwirkung bestimmter chemischer Stoffe, welche durch die Nährpflanze abgesondert werden, zurückzuführen sind, so scheint die Hypothese, dass jede Callusbildung verursacht wird, durch gewisse Stoffe, welche in das callusbildende Gewebe ausgegossen werden, einigermaassen annehmlich. Man würde sich dann dabei vorstellen müssen, dass der Reiz infolge dessen der Callus entsteht, als unmittelbare Ursache der Absonderung dieser Stoffe fungirt.

§ 6. *Nebenwurzelstellung und Wurzelknospen bei den Labiatifloren und Contorten.*

In Bezug auf die Nebenwurzelstellung der Scrofulariaceen muss ich bemerken, dass die nodale Stellung dabei weitaus überwiegt, und dass die Regel des Zusammenhanges zwischen der Knospen- und den Wurzelstellung sich in dieser Familie so vielfach bewährt, dass auch hier an deren Richtigkeit kaum gezweifelt werden kann. Selbst wenn die Wurzeln normaler Weise internodial angeordnet sind werden unnatürliche Umstände bisweilen die Ursache, dass die Knospe ihren Einfluss

* Für die einjährige *Orobanche speciosa*, welche auf *Vicia Faba* parasitirt, hat L. Koch das Nämliche gefunden. Untersuchungen über die Entwicklung der Orobanchen, *Ber. d. d. bot. Ges.* Bd. I, 1883, p. 200.

gelten lassen kann. So erzeugen die im Wasser hangenden Sprosse von *Linaria Cymbalaria* Wurzeln in den Knospenachseln, während die Luftzweige der Pflanze nur zahlreiche Nebenwurzeln auf den Stengelgliedern tragen. Bei *Solanum Dulcamara* kann man das Nämliche beobachten. Ich halte es für wahrscheinlich, dass auch *Linaria vulgaris*, wenn es gelingt aus deren Sprossen Wurzelbildung hervorzurufen, ihre Wurzeln blattachselständig erzeugen wird.

Besonders in der Gattung *Veronica* findet man viel Verschiedenheit in der Nebenwurzelstellung, inzwischen sind bei den wasserbewohnenden Arten, wie bei so vielen anderen Wasserpflanzen, blattachselständige Wurzeln gemein. Bei *Veronica Anagallis* untersuchte ich deren Entwicklung; sie entstehen aus dem Perizikel und befinden sich je zwei rechts und links in einer horizontalen Linie neben der Seitenknospe, also ungefähr in der nämlichen Anordnung wie bei *Cochlearia Armoracia*, deren Wurzeln aber, wie wir gesehen haben, exogen sind. Bei *Veronica Beccabunga* können bis zu zwölf nodale Wurzeln vorkommen, welche, indem sie ringsum den Knoten angeordnet sind den Einfluss der Knospe weniger deutlich bezeichnen. Für *Veronica Buxbaumii* sagt CLOS: * „Pseudorhizes axillaires solitaires, ou géminées d'un côté ou des deux côtés du bourgeon." Bei *Gratiola officinalis* sitzen die Wurzeln entweder zur Seite und im Niveau der Blattschuppen oder unterhalb derselben, und so ist es in anderen Fällen.

Auch die *Labiaten* bieten viel Verschiedenheit in ihrer Nebenwurzelstellung dar. Obschon die Ausnahmen zahlreich sind, glaube ich, dass man als Hauptregel für diese Familie stellen kann, dass die Rippen der vierseitigen Stengel, die am Meisten activen rhizogenen Gewebe führen; etwas weniger bevorzugt wie die Rippe ist die ganze Umgebung der Seitenknospe, aus welchen beiden Umständen folgt, dass die Wurzeln an den Rippen im Niveau der Knospen am meisten gehäuft sein müssen. So ist es denn auch wirklich. Bei *Lamium album* und *L. purpureum* stehen z. B., an den unterirdischen Sprossen gewöhnlich zu jeder Seite der Knospe zwei oder drei Wurzeln, während die Wurzeln unterhalb der Blattinsertion viel seltener werden oder gänzlich fehlen. Dazu kommt nun noch bei vielen Arten eine Wurzel oberhalb der Knospe wie bei *Melissa officinalis*, *Thymus serpyllum.* † Am wenigsten für die Wurzelbildung geeignet sind die zwischen den Blattpaaren gelegenen Seitenflächen; Wurzeln finden sich daran nur auf dem Niveau der Knospen einander diametral gegenüber. Die sechzehn

---

* Racines caulinaires, sep. pag. 45.

† Die nicht seltenen blattachselständigen Wurzeln von *Mentha sylvestris*, *M. sativa*, *M. rotundifolia*, *Nepeta Cataria* und anderen Labiaten, scheinen unter Umständen die Knospen vertreten zu können, eben wie bei manchen Crassulaceen und Cruciferen.

Wurzeln eines Knotens von *Lycopus europaeas*, — mehr als sechssehn würden darauf keinen Raum finden können, — sitzen folgendermaassen : Eine dünne Wurzel oberhalb jeder Knospe, eine dicke und zwei dünne aus den Stengelkanten hervorsprossende Wurzeln jederseits der Knospe in einem kleinen Dreieck, mit schief nach der Knospe aufsteigender Basis, in welchem Dreiecke die dickere Wurzel von der Knospe am meisten entfernt ist, endlich, auf der Mitte der beiden knospenfreien Stengelseiten eine dünne Wurzel. *

Mit der Erwähnung noch eines einzelnen, auf *Betonica* bezüglichen Beispieles, muss ich hier meine dürftige Betrachtung der Labiatennebenwurzeln beschliessen.

Die jungen Pflanzen von *Betonica officinalis* besitzen bekanntlich eine alternirende Blattstellung; unterhalb der Rückenlinie jedes Blattes stehen gewöhnlich zwei Nebenwurzeln, bisweilen, etwas nach rechts oder links in Bezug auf den Mittelnerven nur eine einzelne. „An den Achsen mit decussirten Blättern stehen die Nebenwurzeln in der Regel unter der Stelle, wo die Blätter eines Paares mit ihren Ansätzen an einander stossen, nicht selten auch an den stumpfen Kanten der höchstens 3—4 Linien dick werdenden Grundachsen". †

Ajuga reptans bildet an abgeschnittenen Wurzelstücken ziemlich leicht Callusknospen. Vergeblich versuchte ich dagegen die Wurzelknollen von *Phlomis tuberosa* und *P. americana* zur Knospenbildung zu bringen.

Normale laterale Wurzelknospen sind nur bei einer einzigen Labiate bekannt, nämlich bei *Ajuga genevensis*. Auch hier ist Irmisch wieder der Einzige, welcher davon eine gute Figur gegeben hat. § Die Knospen, welche schon an den Keimpflanzen vorkommen sitzen in den Seitenwurzelreihen, aber nicht in den Achseln von Seitenwurzeln, sie stimmen also wahrscheinlich mit denjenigen von *Convolvulus arvensis* überein. Ich selbst konnte dieselben nicht untersuchen; sie wurden von Braun entdeckt und zuerst von Schultz ** beschrieben.

Bignoniaceen. Die Wurzelknospen von *Catalpa syringaefolia* und *Tecoma radicans* wurden von Trécul untersucht; †† in Bezug auf letztere Art sagt er, dass die Knospen besonders ringsum die Seitenwurzeln entstehen und zwar auf deren Basis, sind die Wurzeln durch irgend eine Ursache zerstört, dann ent-

---

* Eine Figur, welche mit dieser Beschreibung beinahe vollständig übereinstimmt bei Irmisch. Die Keimung, die Wachsthums- und Erneuerungsweise einer Reihe einheimischer Arten aus der natürlichen Pflanzenfamilie der Labiaten. Halle, 1856. Fig. 35, Taf. III.

† Irmisch, Labiaten, pag. 83.

§ Irmisch, Labiaten, pag. 91.

** *Flora*, 1854, N°. 24.

†† *Ann. d. sc. nat. Bot.* T. 8, 1847, pag. 274.

stehen die Knospen nach Trécul aus der Hirnfläche des zurückgebliebenen Restes oder aus einem Callus, welcher sich an der Stelle des abgestorbenen Organs aus den benachbarten lebenden Geweben gebildet hat. Da Trécul der Erste ist, welcher dieses, wie wir gesehen haben sehr allgemeine Verhalten, bemerkt hat, gebe ich hier noch seine eigene Worte. Nachdem er gezeigt hat, dass die Knospen von *Tecoma* an der Stelle von Seitenwurzeln aus der Tiefe der secundären Rinde der Mutterwurzel entstehen können, fährt er fort: „J'ai dit plus haut, que dans certains cas, des bourgeons se substituent à des radicelles, ou plustôt, qu'ils se développent à leur place quand celles-ci ont été détruits. . . . Quand une radicelle après avoir vécu quelque temps hors de la racine mère avorte par une cause quelconque, la partie en contact avec les agents extérieurs se détruit, et son altération se propage plus ou moins profondement dans l'écorce de la racine mère jusqu'au corps ligneux, ou même dans l'intérieur de celui ci jusqu'à la partie la plus profonde. Dans cette circonstance, il arrive le plus souvent, sinon toujours, quand on vient à bouturer la racine mère, que du tissu cellulaire se forme, remplit la cavité qui résulte de la déstruction et qu'il en naît un bourgeon ordinairement très vigoureux qui a sa base dans l'intérieur du corps ligneux, au lieux de l'avoir à la surface comme dans le cas précédent. * Si au contraire la radicelle n'a été détruite que jusqu'à la circonférence du cylindre fibrovasculaire de la racine mère, le bourgeon se développe sur la base persistent de cette radicelle".

Plantaginaceen. Während *Plantogo lanceolata* niemals Wurzelknospen erzeugt, findet man dieselben oft bei *Pl. media.*

Oleaceen. *Syringa persica*, *S. vulgaris*, *Jasminum nudiflorum* und *J. fruticosum* erzeugen Wurzelknospen. Die Nebenwurzelstellung an den unterirdischen Sprossen von *Syringa vulgaris* wird folgendermaassen durch Clos beschrieben: „Ces rejets souterrains du *Syringa vulgaris* ont des racines au dessous des bourgeons et alors souvent géminées, ou latéralement à eux, ou les surmontant, ou semblant éparses. Un examen attentif fait reconnaître que la plupart d'entre elles sont superposées en quatre rangs correspondant à ceux des bourgeons."

Gentianaceen. In dieser Familie scheinen nur *Erythraea linariaefolia* † und *Gentiana ciliata* § Wurzelknospen zu erzeugen, welche in den Nebenwurzel-

---

* Hier werden die Knospen gemeint, welche sich an der Stelle von Seitenwurzeln in der secundären Rinde gebildet haben.

† Wittrock, Wurzelprosse bei krautartigen Gewächsen, *Bot. Centrbl.* Bd. XVII, 1884. Sep. pag. 10.

§ Irmisch, *Bot. Zeit.*, 1857, pag. 465.

reihen sitzen, über deren genauere Stellung mir aber keine weiteren Besonderheiten bekannt sind.

WITTROCK fand nur ein Dutzend wurzelknospentragende Individuen unter mehreren tausenden untersuchten Exemplaren ersterer Art. Viele solche Thatsachen lassen sich unter den Pflanzen mit Wurzelknospen anführen, *Artemisia vulgaris*, *Campanula rotundifolia*, *Silene nutans*, sind davon Beispiele. Dieses eigenthümliche Verhalten beruht höchstwahrscheinlich auf besonderen Befruchtungsverhältnissen durch welche die bezüglichen Individuen entstanden sind.

Die Nebenwurzeln der Gentianaceen scheinen immer nodal zu sein; ob bei deren Anordnung noch andere Gesetzmässigkeiten bemerkbar sind ist noch nicht festgestellt.

Asclepiadeen. Die Wurzelknospen von *Asclepias Cornuti* standen mir leider nicht als geeignetes Untersuchungsmaterial zur Verfügung, und auch über die Nebenwurzelstellung, welche in dieser Familie sehr eigenthümlich zu sein scheint kann ich nicht weiter berichten.

KAPITEL VII.

CIRSIUM ARVENSE — PICRIS HIERACIOIDES — ARISTOLOCHIA CLEMATITIS — MORPHOLOGISCHE UEBERSICHT DER NORMALEN WURZELKNOSPEN.

§ 1. *Wurzelknospen und Nebenwurzeln bei den Campanulinen und Rubiinen.*

Campanulaceen. ROYER und andere Beobachter erwähnen das Vorkommen von Wurzelknospen bei *Campanula rotundifolia*; ich selbst habe die Pflanze oft untersucht diese Knospen aber niemals dabei bemerkt, sie müssen hier desshalb jedenfalls selten sein. Die für die Campanulaceen so characteristische Stellung der Nebenwurzeln in den Blattachseln oder neben den Seitenknospen habe ich, wie mehrere andere Autoren, bei verschiedenen Arten beobachtet. Auch manche Lobeliaceen besitzen die nämliche Nebenwurzelstellung.

Cucurbitaceen. Die Wurzelknospen von *Thladiantha dubia** sitzen an den dünnen Wurzeln dieser Pflanze in den Achseln der Seitenwurzeln, gerade als ob diese Seitenwurzeln Blätter wären, also der Mutterwurzel zugewendet. An den Knollen fand ich diese Stellung ebenfalls am Meisten, dazu kamen aber noch bisweilen

* SACHS, Stoff und Form der Pflanzenorgane, *Arb. d. bot. Inst. z. Würzburg*, Bd. 2, 1882, p. 704. R. J. LYNCH, Les tubercules de *Thladiantha dubia*, *Bullet. d. Congrès Intern. d. Bot. et d'Hort. à St. Pétersbourg*, Mai 1884, pg. 197—199. Pl.

einige mehrere Knospen, welche ringsum die Seitenwurzelbasis standen. Ueber die Wurzelknospen an den Knollen von *Eopepon vitifolium* sind mir die Einzelheiten unbekannt.

Caprifoliaceen. In der gärtnerischen Literatur findet man angegeben, dass *Diervilla canadensis*, *Symphoricarpus racemosa* und *S. vulgaris*, sowie *Weigelia rosea* durch Wurzelknospen vermehrt werden können; ob bei diesen Angaben keine Verwechselung mit unterirdischen Stengeln vorliegen kann, weiss ich nicht genau. *Lonicera Xylosteum* und *Linnaea borealis* besitzen blattachselständige Nebenwurzeln.

Bei den Rubiaceen sind mir keine Wurzelknospen bekannt geworden. Ihre Nebenwurzeln besitzen eine ausserordentlich verschiedene Anordnung, welche aber gewöhnlich durch die Blattstellung beherrscht wird. Nur selten scheinen dieselben in den Blattachseln zu stehen, wie bei *Galium Cruciata.* *

§ 2. *Cirsium arvense.*

Wenn man die horizontal im Boden fortwachsenden Wurzeln von *Cirsium arvense* ausgräbt, so findet man zwischen den zweizeilig angeordneten Seitenwurzeln, in den Reihen derselben, zahlreiche Wurzelknospen (*gr* Fig. 75 Taf. VI). Bei einer näheren Betrachtung ihrer Stellung findet man, dass sie gewöhnlich in den Oberachseln der Seitenwurzeln, dass heisst, wenn man eine knospenerzeugende Adventivwurzel vor sich hat, dem Stamme (*rm*) zugewendet vorkommen; die übrigen Punkte der Seitenwurzelbasis sind für die Knospenbildung wie es scheint ungeeignet. Nicht alle Knospen zeigen aber diese Stellung mit gleicher Deutlichkeit, auf jeder Wurzel werden einzelne (gr^1) angetroffen, welche bei der makroskopischen Betrachtung unabhängig von Seitenwurzeln zu sein scheinen, allein ausnahmlos in den Reihen derselben stehen. In der Abbildung, welche IRMISCH von der Keimpflanze gibt † sieht man die Knospen schon über die Oberfläche der Hauptwurzel zerstreut entweder wohl oder nicht mit den Seitenwurzeln in Zusammenhang. Die Seitenwurzeln verzweigen sich, wie bei zweistrahligen Wurzeln Regel in der Ebene der Hauptwurzel.

Sobald die Knospen durch die primäre Rinde brechen, zeigen sie sich als dicke, kräftige schön roth gefärbte Organe, welche schnell anwachsen zu orthotropen, mit Blattschuppen besetzten, eine spitzige Endknospe tragenden Sprossen.

---

* Man vergl. die Einleitung, pag. 9.

† Beitrag zur Naturgeschichte des *Cirsium arvense* und einiger anderer Distelarten, Taf. 6, Fig. 1—11, *Zeitsch. f. d. ges. Naturw.* Bd. I, pag. 193, Halle 1853.

Die zwei ersten Blätter an diesen Sprossen besitzen eine constante Stellung, das erste Blatt ist nämlich der Seitenwurzel zugekehrt, das zweite um 180° vom Ersten entfernt, die höheren Blätter nehmen allmählich die $^2/_5$-Stellung ein. An diesen unterirdischen Stengeln bilden sich zahlreiche Nebenwurzeln (*r a* Fig. 75), welche zwar mehrentheils internodial stehen, unter welchen sich aber auch blattachselständige vorfinden, entweder eine zu jeder Seite der Seitenknospe in der Blattachsel, oder ausser diesen auch noch eine dritte unmittelbar oberhalb der Knospe.

Die Wurzelsprosse können nach dem Absterben ihrer oberirdischen Theile, aus ihrer Basis, welche in Boden lebend zurückbleibt, neue Knospen erzeugen; die Cirsiumstöcke der Wiesen sind desshalb entweder Wurzellohden oder gewöhnliche Seitenzweige; wahre Rhizome werden bei *Cirsium* nicht gefunden. Wir haben hier also das nämliche Verhalten wie bei *Epilobium angustifolium.*

Die Wurzeln von *Cirsium arvense* sind wegen des Vorkommen von Inulin als Reservenahrung, sehr durchsichtig und in allen Wachsthumsperioden für die Untersuchung im lebenden Zustande geeignet, überdies sind die Zellen derselben sehr gross, so dass ihre anatomische Structur, leicht festzustellen ist. Das Dickenwachsthum ist wenig erheblich, die primäre Rinde (*cp* Fig. 77) wird nicht abgeworfen sondern folgt durch tangentiale und radiale Zelltheilungen der Dehnung des Centralcylinders. Ich zählte im Periderm drei, in der centripetalen primären Rinde sechs und in der kleinzelligen centrifugalen Rinde ungefähr zehn Zellschichten. Diese Rinde enthält oft Luftkanäle. Die Endodermis ist sehr leicht kennbar, weil sich zwischen derselben und der nächstfolgenden Schicht der primären Rinde intercelluläre, mit Gummiharz angefüllte Kanäle (*sz*) vorfinden, welche einen Inhalt von dunkelbrauner Farbe führen. Das secundäre Holz (*xs*) im Centralcylinder besteht aus zwei flachen Bändern mit weiten Netzgefässen, welche von einander getrennt sind durch die zweistrahlige Gefässplatte (*xp*) und durch breite primäre Markstrahlen. Selbst die primären Siebbündel (*sb*) sind an älteren Wurzeln deutlich erkennbar.

Die Entwicklungsgeschichte der Seitenwurzeln und der Knospen lehrt man am besten aus Längsschnitten (Fig. 76) kennen, welche geführt werden durch die kleinen Rindenbeulen (76 Fig. 75), worin eine knospentragende Seitenwurzelanlage verborgen ist. Solche Präparate sind sehr schön und interessant. In weitaus den meisten Fällen findet man sofort, dass die Seitenwurzel, sowie die Knospe an ihrer Basis nur aus dem Pericambium der Mutterwurzeln entstanden sein kann und, dass die Endodermis sich an deren Bildung nicht betheiligt. Ort und Zeit der Entstehung der Seitenknospe sind nicht zweifelhaft, dieselben entstehen erst nachdem die Seitenwurzeln schon angelegt sind und aus der,

in Bezug auf Mutterwurzel und Seitenwurzel oben morphologisch definirten Partie des Pericambiums, welche zur Zeit der Knospenbildung schon durch die bei der Wurzelbildung sich ereignenden Vorgänge affizirt sein muss. Die Gefässbündelverbindung der Knospe kommt zunächst in Bezug auf den Centralcylinder der Seitenwurzel in deren Achsel sie sitzt, zu Stande. Hier muss ich aber bemerken, dass man bisweilen Knospen findet, welche bei ihrem Wachsthum die Seitenwurzel mitgenommen, und diese so weit ausserhalb der Rinde der Mutterwurzel gebracht haben, dass es dann den Anschein hat als ob die Wurzel aus der Knospe entspringt, die Knospe also das primäre Product gewesen sei.

Die Querschnittsansichten (Fig. 77) sind besser geeignet wie die Längsschnitte, um die Verbindung der Seitenorgane mit dem Innern der Mutterwurzel zu beobachten. Erstens sieht man dabei, dass die Seitenwurzeln in dieser Hinsicht Verschiedenheiten zeigen können, in so weit einige durch Holzbündel mit den primären Gefässplatten verbunden sind, während andere nur mit dem secundären Holze zusammenhängen, und zweitens, dass bei weitaus den meisten scheinbar vereinzelt stehenden Knospen bei welchen die Seitenwurzel nicht direct zu sehen ist, doch ein feines Holzbündel oder ein einzelnes Spiralgefäss, von der primären Gefässplatte (*xp* Fig. 77) der Mutterwurzel aus in die Knospe hineinläuft. Dadurch wird angedeutet, dass die Knospen in diesem Falle entweder Seitenwurzeln ersetzen, oder zu einer rudimentär gebliebenen Seitenwurzel gehören.

An der Bildung jener selteneren Knospen und Wurzeln, welche den Eindruck machen einer sehr frühzeitigen Entstehung, scheint nicht das Pericambium allein, sondern auch die centrifugale Partie der primären Rinde betheiligt zu sein.

Nach der Beschreibung von Irmisch * stimmt *Sonchus arvensis* in Bezug auf ihre Wurzelknospen genau mit *Cirsium arvense* überein.

§ 2. *Picris hieracioides.*

An den jungen mit einer schönen Blattrosette überwinternden Pflanzen von *Picris hieracioides* (Fig. 78 Taf. VI) findet man eine gelblich braune Hauptwurzel, welche mit der primären, überhaupt nichtabgeworfenwerdenden, Rinde bekleidet ist. Die Seitenwurzeln sitzen daran meistens in zwei Reihen und unmittelbar neben denselben, entweder rechts und links oder in den Oberachseln, seltener in den Unterachseln, werden ein oder zwei Wurzelknospen gefunden,

* *Bot. Zeit.*, 1857, pag. 461, Fig. 1—3. In Gelderland konnte ich diese Knospen nicht finden.

welche anfangs kleine Beulen auf der Wurzeloberfläche bilden da sie endogen entstehen und die äusseren Schichten der primären Rinde nach aussen drücken.

Die Nebenwurzeln welche aus dem gestauchten Stengeltheile der Blattrosette entstehen sind zu Ende des ersten Jahres vier bis sechs an der Zahl, sie stehen in vier Reihen wovon zwei mit der Ebene der Samenlappen und der Seitenwurzeln zusammenfallen. Ein Querschnitt einer alten Wurzel mit Seitenwurzel und zwei zu der letzteren gehörigen lateralen Wurzelknospen ist in Fig. 79 Taf. VI dargestellt. Die primäre Rinde (*cp*) besteht aus ungefähr zehn durchsichtigen Zellschichten und ist von weiten Intercellularräumen durchsetzt. Die secundäre Rinde ist ausserordentlich dick aus saftreichem Parenchym mit zerstreuten Siebbündeln aufgebaut und, besonders nahe bei der äusseren Grenze von Milchsaftgefässen durchsetzt. Der kantige Holzcylinder bildet nur ein dünner Faden im Inneren und lässt kaum mehr die primäre Structur des Centralcylinders erkennen.

Die Seitenwurzeln entstehen nicht allein aus dem Pericambium, sondern bei deren Bildung sind auch die Endodermis und zwei oder drei weitere Zellschichten der primären Rinde (*cp* Fig. 79 und 80) mit einbegriffen, also ist es auch hier, wie bei den früh angelegten Wurzeln von *Cirsium arvense*, der centrifugal wachsende Theil dieser Rinde, welcher sich an der Seitenwurzelbildung betheiligt. Die ursprüngliche Gefässplatte der Seitenwurzel lässt sich sehr leicht bis ins Inneren der Mutterwurzel verfolgen, wo sie, mit der ähnlich gebauten Gefässplatte dieser letzteren verschmilzt.

Die Knospen (*gr* Fig. 79 und 80) entstehen auf einer mit der Entwicklungsgeschichte der Seitenwurzel vollständig ähnlichen Weise, dass heisst aus einer Zellgruppe, welche aus dem Pericambium der Endodermis und zwei oder drei der weiter nach aussen liegenden Schichten der primären Rinde besteht. Auch in diesem Falle sind Seitenwurzel und Knospen in so engem Zusammenhang, dass an deren gegenseitigen Beeinflussung im Bildungsstadium nicht zu zweifelen ist. Und doch ist die Stellung der Knospen hier eine solche, dass man dieselben als zur Mutterwurzel gehörig betrachten muss. Bei *Cirsium* war die Verbindung zwischen Knospe und Seitenwurzel also eine mehr directe, wie hier. Man erkennt Dieses am besten aus den Längsschnitten, welche sich gut eignen um die Gefässbündelverbindung (*gf* Fig. 80) zwischen Knospe und Tragorgan festzustellen und wobei man nicht nur sieht, dass die von der Knospe besetzte Stelle eigentlich zur Mutterwurzel gehört, sondern auch, dass der Verbindungsstrang (*gf*), welcher hier wie gewöhnlich äus einem feinen Holzbündelchen besteht, worin besonders Spiralgefässe und Spiraltracheïden gefunden werden, sich unmittelbar an den Holzkörper der Mutterwurzel ansetzt.

Ich glaube nicht, dass man aus der einfachen Natur dieses Verbindungsstranges

Recht hat zu schliessen, dass die Knospen als metamorphosirte Wurzelanlagen aufgefasst werden müssen, denn wir haben bei *Ailanthus glandulosa* (*g f* Fig. 32) eine ganz ähnliche Verbindung zwischen Knospe und Mutterwurzel gefunden, ohne, dass hier irgend ein Grund zur Annahme der bezeichneten Metamorphose vorlag; auch bei vielen Callusknospen werden ähnliche einfache Stränge, welche durch sympodiale Verwachsung der aus den Blättern niedersteigenden Gefässbündelchen entstehen, angetroffen. Man hat in diesen Gebilden überhaupt nichts anderes, wie eine sehr einfache Form des Centralcylinders zu erblicken, ähnlich demjenigen der Farnkeimpflanzen, welcher ebenfalls nur ein Sympodium ist, welches aus den Blattspuren entsteht.

Anderseits konnte man geneigt sein bei makroskopischer Betrachtung die Knospen auf Wurzelanlagen zurückzuführen, und zwar desshalb, weil bei *Picris hieracioides*, eben wie bei vielen anderen schon früher beschriebenen Arten die Seitenwurzeln, wenn sie nicht von Knospen begleitet werden oft zwei zu zwei beisammen stehen (Fig. 78), während die knospenführenden gewöhnlich vereinzelt sind. Es ist möglich, dass diese Auffassung wirklich die richtige ist, allein es lässt sich dagegen anführen, erstens dass von den zwei Seitenwurzeln einer Gruppe beinahe immer die eine genau oberhalb der anderen sitzt, * während die Knospen eben so oft oben oder unten, wie seitlich gestellt sind, zweitens dass sehr oft zu einer Wurzel zwei Knospen kommen und nur sehr selten zwei Wurzeln. Ich muss desshalb die Frage ob man die Wurzelknospen von *Picris hieracioides* als metamorphosirte Wurzelanlagen aufzufassen hat unentschieden lassen, die Hypothese, dass diese Knospen bei weit entfernten Urahnen gewöhnliche laterale Callusknospen waren, halte ich für ebenso wahrscheinlich; † nur die Beeinflussung ihrer Entstehung durch die Seitenwurzel ist ausser allem Zweifel.

Andere mir bekannt gewordene Compositen mit Wurzelknospen, sind ausser den drei schon abgehandelten, die Folgenden: *Carlina acaulis*, *Jurinea cynaroides*, *Inula britannica*, *Chondrilla juncea*, *Gnaphalium arenarium* und *Lactuca muralis*. Letztere trägt nur bisweilen Knospen infolge von Verwundung.

In Bezug auf die Nebenwurzelstellung der Compositen, kann ich hier nicht in Einzelheiten treten, da die mir bekannten Fälle mich kaum eine andere Gesetzmässigkeit als die überall vorkommende in Bezug auf Centralcylinder und Blattstellung haben erkennen lassen. Die Sache verdient aber eine weitere Prüfung.

---

* Die beiden Wurzeln sind, wie gewöhnlich in ähnlichen Fällen, nicht gleich alt, es kann aber sowohl die ältere, wie die jüngere oben sitzen.

† Auch könnten dieselben weder das Eine noch das Andere sein, sondern eben Das — was sie sind.

§ 4. *Aristolochia Clematitis.*

Ich bespreche die Wurzelknospen von *Aristolochia Clematitis* an dieser Stelle, weil ich, soviel wie thunlich, EICHLER'S *Syllabus* bei der Einreihung meiner Pflanzen gefolgt bin, und dieser Autor die Hysterophyten als Anhang seines Systems vorführt. In morphologischer Hinsicht stellt unsere Pflanze sich, wie wir sehen werden, in Bezug auf ihre Wurzelknospen * den Santalaceen und Podostemaceen nahe, wodurch die verwandtschaftlichen Beziehungen der Aristolochiaceen mit den genannten Familien um eine vermehrt werden, nämlich die allen diesen Gruppen gemeinsame, beinahe oder vollständig exogene Entstehung ihrer Wurzelknospen aus der primären Rinde der Mutterwurzel.

Die Keimung von *Aristolochia Clematitis* ist, wenn ich nicht irre, noch niemals beobachtet, ich vermag desshalb nicht anzugeben ob die Hauptwurzel schon Wurzelknospen trägt; die Seitenwurzeln und die Nebenwurzeln, welche ich untersucht habe, waren alle damit besetzt. Ich habe zu meiner Verwunderung durchaus keine feste Regel auffinden können, durch welche die Anordnung dieser Knospen auf der Wurzeloberfläche beherrscht wird, † so dass sie mit vollem Rechte als adventiv bezeichnet werden können.

Ich habe in Fig. 81 Taf. VI ein Habitusbild der verschiedenen Sprossungen, welche an den unterirdischen Theilen unserer Pflanze vorkommen können, gezeichnet. Betrachten wir zuerst den Spross gr, welcher sich aus einer Wurzelknospe entwickelt hat. Ganz unten finden wir daran zwei, sehr niedrige, nach der Divergenz $^1/_2$ gestellten Scheidenblätter f^1 und f^2, von welchen das erste zwar oft den Eindruck macht als sei es der Mutterwurzel (rm) zugewendet, allein es ist in der Wirklichkeit, wie in den Figur angegeben, dem ersten Blatte der meisten anderen Wurzelknospen ähnlich, nach unten gekehrt. Das dritte Blatt des Wurzelsprosses folgt noch gewöhnlich die $^1/_2$-Stellung, welche auch die späteren Blätter gewöhnlich beibehalten; oft zeigt aber schon das dritte Blatt eine kleine Prosenthese. § Knospen finden sich in den Achseln von allen Blättern selbst von den rudimentären f^1 und f^2. Sehr eigenthümlich ist es, dass die erste Nebenwurzel (ra) des Wurzelsprosses median nach vorn fällt, unmittelbar oberhalb des kleinen Knöspchens in der Achsel von f^1 (im unteren

---

* Auch Manche andere Aristolochiaarten können vermittelst Wurzelstecklinge vermehrt werden.

† Zwar fand ich bei der anatomischen Untersuchung oft, dass die Knospen auf der rechten oder linken Seite des Radius sitzen können, welcher durch die nächstbenachbarte Gefässplatte geht (man vergleiche z. B. Fig. 83 und 85).

§ Die $^2/_5$–Stellung, welche dabei erreicht werden kann, scheint immer vorübergehend zu sein.

Diagram neben Fig. 81 ist *ra* die median nach vorn fallende Nebenwurzel), während die zwei ersten Nebenwurzeln (*ra*) an den aus Stengelknospen entwickelten Zweigen (*sk*) nach rechts und links in Bezug auf das Mutterorgan stehen, in Uebereinstimmung mit den nach rechts und links gestellten zwei ersten Blättern dieser Sprosse. Man hat hier also im Grunde ein Fall vor sich, wobei die Nebenwurzelstellung mit der Anordnung der Blätter (oder möglicherweise mit derjenigen der dazu gehörigen Achselknospen) zusammenhängt. Nach dieser letzteren Bemerkung kann ich in Bezug auf die aus den Stengelorganen entstehenden neuen Sprosse kurz sein. Wir sahen schon, dass dieselben mit zwei nach rechts und links gestellten Blättern, welche hier auch nichts weiteres als Schuppenblätter sind, anfangen, und, dass unmittelbar unterhalb der letzteren die Nebenwurzeln (*ra*) sitzen (man vergleiche das obere, neben Fig. 81 gezeichnete Diagram, worin der schwarze Punkt den Mutterstengel, die kleinen Kreise (*ra*) die Nebenwurzeln angeben). In jeder Blattachsel sitzt eine Knospe, entfaltet diese sich so entsteht daraus ein Zweig, welcher dem Mutterspross ähnlich ist; entstehen daraus neue Nebenwurzeln so haben auch diese wieder die vorerwähnte Stellung. Ob die Nebenwurzeln zur Entwicklung kommen können, wenn die Knospen in Ruhe bleiben, weiss ich nicht, ebensowenig ob noch andere Punkte als die Knospenbasis Nebenwurzeln erzeugen können; jedenfalls sind aber die zuletzt genannten Stellen die eigentlich rhizogenen.

Die Wurzeln von *Aristolochia Clematitis* bestehen aus einer sehr dicken primären Rinde (*cp* Fig. 83 und 84) und einem dünnen Centralcylinder, welcher vier- bis sechsstrahlig ist. Das Dickenwachsthum des letzteren ist gering so dass die primäre Rinde bleibend ist; die secundären Holzbündel bleiben sehr lange getrennt, schmelzen aber zuletzt, durch Umwandlung des Parenchyms in Holzelemente, also nicht vermittelst cambialen Dickenwachsthums, mit den primären Bündeln zusammen. Pericambium und Endodermis haben den normalen Bau, die Entwickelung der Seitenwurzeln (*rl* Fig. 84) bietet aber hier die Eigenthümlichkeit, dass von den nahezu zwanzig Zellschichten, woraus die primäre Rinde (cp^1) besteht, nur die vier oder fünf äusseren sich als nicht reproductionsfähig ergeben, während alle übrigen sich an der Bildung der primären Rinde (cp^2) der Seitenwurzel betheiligen, sodass diese als beinahe vollständig exogen betrachtet werden muss. Der Centralcylinder der Seitenwurzel entsteht aber ausschliesslich aus dem Pericambium der Mutterwurzel, und zwar, in Uebereinstimmung mit der allgemeinen Regel, aus dem hinter den Gefässplatten gelegenen Theile desselben. Die secretführenden Zellen liegen vereinzelt, oder in kurzen Reihen durch das Parenchym der primären Rinde zerstreut.

Die Entwicklungsgeschichte der Knospen lässt sich leicht verfolgen da die-

selben vollständig exogen sind und desshalb auf der Wurzelrinde in allen Entwicklungsstadien ohne Mühe aufgefunden werden können. Ich habe alle möglichen Altersstufen dieser Knospen, als wie gemischt, auf der Wurzeloberfläche beobachtet. Ob wir darin wirklich die Möglichkeit einer so regellosen Entstehung erblicken müssen kann aus der einfachen Beobachtung nicht geschlossen werden, es ist möglich, dass eine anscheinend ganz junge Anlage schon lange geruht hat, ja selbst, dass auf einer scheinbar durchaus gleichmässigen Wurzelrinde, schon längst bestimmte Zellgruppen für die Knospenbildung prädisponirt sind, obschon man das denselben, selbst mikroskopisch, nicht ansehen kann. Wäre die letztere Hypothese zutreffend, so würde man die entferntere Ursache der Knospenbildung schon im Vegetationspunkt der wachsenden Mutterwurzel suchen können, nur die Anregung zur Entfaltung der Anlagen wäre secundär. Die Nothwendigkeit der Annahme des zuletzt bezeichneten Reizes, welcher wie ich schon in der Einleitung hervorhob, doch wohl von der nämlichen Natur sein muss, wie die organisirenden Kräfte des Meristems, lassen es als wahrscheinlich betrachten, dass die Knospen an der erwachsenen Mutterwurzel neugebildet werden können, so dass man die ganze Oberfläche derselben als reproductionsfähig zu betrachten hat. *

In Fig. 85 findet man den Querschnitt einer Wurzel abgebildet, welche eine sehr junge, noch als undifferenzirter Zellhügel zu beobachtende Knospe (*gr*) trägt, und in Fig. 86 die Randpartie dieser Knospe mit einem Theile der angrenzenden nicht an der Knospenbildung betheiligten primären Rinde der Mutterwurzel. Die dunkelschwarze, Rinde und Knospe überziehende Epidermis wird gewöhnlich durch die Knospe durchbohrt, allein bei sehr früh angelegten Knospen ist die Epidermis der Mutterrinde ein integrirender Theil der Neubildung. Die Hauptmasse des Knospenkörpers entsteht aus denjenigen zwei oder drei Zellschichten, welche der Epidermis unmittelbar angrenzen, und als Korkmeristem betrachtet werden können, noch tiefer nach dem Inneren besteht die Rinde aus Collenchym, das sich für die Reproduction weniger gut zu eigenen scheint. Die Zelltheilungsfolge in den genannten Schichten ist ziemlich regellos und nur schwierig lässt sich darin die, mit der Oberfläche parallele und dazu senkrechte Stellung der Theilwände (Regel von SACHS) erkennen. Die weitere Entfaltungsgeschichte der Knospe ist die gewöhnliche und lässt sich aus der früher beschriebenen Structur des erwachsenen Productes ableiten, braucht hier also keiner weiteren Besprechung. Interessant ist die Entwicklung des

* Die beinahe exogene Entstehung der Seitenwurzeln legt es zwar nahe die Knospen auf Wurzelanlagen zurückzuführen, allein es gelang mir nicht dafür den Beweis bei zu bringen.

Gefässbündelsystems, wodurch die Knospe sich später mit dem Centralcylinder der Mutterwurzel verbindet. Aus einer Betrachtung der Fig. 82, welche einen Längsschnitt einer knospentragenden Wurzel vorstellt, ergibt sich, dass die Gefässbündel der zwei ersten Blätter zu einem einzigen Bündelstrang (*gf*) verschmelzen; dieser kann sich aber bei seinem ferneren centripetalen Wachsthum gabeln, die Gabelzweige verwachsen dann zuletzt mit dem Holze des Centralcylindes der Wurzel. Wir finden hier also einen bekannten Vorgang (*Ailanthus glandulosa*, *Rosa pimpinellifolia*, *Picris hieracioides*) zurück. Die Frage auf welcher Weise der volständige Centralcylinder solcher Knospen entsteht, wie der Perizikel und die Endodermis desselben sich entwickeln und, wie die Anschliessung letzterer Gewebe an den Centralcylinder der Mutterwurzel zu Stande kommt, sind von bedeutender anatomischer Wichtigkeit, die darauf zielende Untersuchung ist aber sehr schwierig und es war mir noch nicht möglich damit fertig zu werden.

Bei einer Wurzel, wie die von *Aristolochia Clematitis*, für welche, wie oben gesagt nur angenommen werden kann, dass jede Zelle der Oberfläche als reproductionsfähig betrachtet werden muss, ist es ein merkwürdiger Umstand, dass eine bestimmte Zell*gruppe* gemeinsam arbeitet an der Bildung einer einzelnen Knospe, während die nächste Umgebung dabei in Ruhe verbleibt. Es ist als ob ein Krystallisationsprocess an einem gewissen Punkte in einem krystalsubstanzenthaltenden Medium begonnen ist, wodurch die Nachbarschaft erschöpft wird. In diesem und ähnlichen Fällen scheint es wirklich am einfachsten anzunehmen, dass eine gewisse Substanz im bildungsfähigen Gewebe entweder schon vorkommt oder durch äussere Reize darin leicht entstehen kann, sobald diese Substanz aber zu einem bestimmten Maasse vermehrt ist und dadurch zur Erzeugung der Neubildung Veranlassung gibt, wobei dann wieder irgend ein anderer von innen oder von aussen kommender Reiz wirksam sein muss, scheint dieselbe durch diese Neubildung selbst verbraucht zu werden, wodurch die Umgebung erschöpft und für eine weitere Reproduction unfähig wird.

§ 5. *Parasitische Phanerogamen und Podostemaceen.*

Dass der sogenannte Thallus der parasitischen Phanerogamen als ein Wurzelorgan betrachtet werden muss, halte ich für sicher und dieses ist auch die Auffassung vieler der älteren Botaniker gewesen, welche darüber geschrieben haben. Für die Loranthaceen liegen die Verhältnisse so offen und klar vor, dass man den Namen Thallus für ihre Saug- und Reproductionsorgane noch nicht einmal in Anwendung gebracht hat. Bei *Viscum album* ist denn

auch deren Wurzelnatur unzweifelhaft. Diese Pflanze * besitzt zweierlei Arten, von in der Nährpflanze eingeschlossenen Wurzeln, die „Rindenwurzeln” und die „Senker”. Die ersteren befinden sich in dem Cambium der Nähräste, die Senker zweigen sich davon in radiale Richtung ab und dringen in das Holz hinein. An der nach aussen gekehrten Seite tragen die Rindenwurzeln zerstreute Knospen, welche unabhängig von den Senkern zu sein scheinen und jedenfalls als wahre Wurzelknospen zu bezeichnen sind. Die anatomische Structur der Rindenwurzeln ist, für so weit mir bekannt, noch nicht festgestellt; man scheint darin dorsiventrale Gebilde sehen zu müssen, woraus sowohl die Senker, welche als Nebenwurzeln aufzufassen sind, wie die Knospen exogen entstehen. Die Existenz von *Viscum* ist durchaus von den Wurzelknospen abhängig. An den Keimpflanzen entstehen sie schon im zweiten Jahre als Adventivknospen, welche aus dem Gewebekragen auf der Grenze zwischen dem Hypocotyl und der primären Saugwurzel nach aussen brechen. †

Zahlreiche andere Loranthaceen dürften sich ganz ähnlich wie *Viscum* verhalten.

Auch viele Santalaceen tragen unzweifelhaft Wurzelknospen; bisher sind dieselben, für so weit mir bekannt, nur bei *Thesium montanum* näher untersucht worden; § sie befinden sich bei dieser Pflanze auf dem Hypocotyl in den Reihen der Samenlappen und auf der Hauptwurzel, sie entstehen beinahe, jedoch nicht vollständig exogen.

Bei den Rafflesiaceen und den Balanophoraceen findet man in einzelnen Fällen sehr deutliche Wurzelknospen, bei anderen Arten sind die Reproductionserscheinungen, welche durch einen Thallus vermittelt werden morphologisch unaufgeklärt, es ist jedoch auch dafür sehr wahrscheinlich, dass man in diesen Thallus eine metamorphosirte Wurzel erblicken muss.

Da wir so zu sagen bei allen Abstufungen des Parasitismus, und in den verschiedenartigsten Pflanzenfamilien, worin sich diese Eigenschaft ausgebildet hat, — ich brauche nur einerseits an die farblosen Humusbewohner wie *Neottia Nidus-avis* und *Monotropa Hypopitys*, anderseits an die echten Parasiten wie *Orobanche* und die soeben besprochenen Familien zu erinneren, — überall Wurzelknospen schon mit Sicherheit kennen oder wichtigen Grund haben auf deren Existenz zu schliessen, scheint es mir, dass die Folgerung berechtigt ist, dass eben die Existenz von Wurzelknospen in einer Familie eine Anleitung zur Ausbildung

---

* R. Hartig, *Lehrbuch der Baumkrankheiten*, Berlin, 1882, pag. 18.

† F. Gümbel, Zur Entwickelungsgeschichte von *Viscum album*, *Flora* 1856, pag, 433 und 1855, pag. 335.

§ Irmisch in *Flora* 1853, pag. 522.

des Parasitismus bei derselben werden kann. Nimmt man nämlich an, dass der Parasitismus im allgemeinen damit angefangen ist, dass sich an den Wurzeln der betreffenden Arten das Vermögen zur Verwachsung mit den Wurzeln anderer benachbarter Arten ausgebildet hat (man denke an die Rhinanthaceen), so muss es für die Entstehung einer vollkommen parasitären Lebensweise als ein sehr wichtiger, möglicherweise als ein nothwendiger Umstand betrachtet werden, dass sich in der unmittelbaren Nachbarschaft der Verwachsungsstelle ein Spross bilden kann.

Dass die Wurzelknospen in dem Verwandtschaftskreise der Hysterophyten, welche so reich ist an parasitischen Familien, auch bei den selbständig lebenden Formen angetroffen wird, sahen wir schon durch das Verhalten von *Aristolochia Clematitis.* Ein anderes Beispiel dafür ist die so äusserst eigenthümliche Familie der Podostemaceen, mit deren Morphologie WARMING'S schöne Untersuchungen* uns bekannt gemacht haben. Die Verzweigung ist bei den meisten Arten dieser Familie beinahe ausschliesslich von Wurzelknospen abhängig; hier ist es desshalb diese besondere Verzweigungsform durch welche das Habitusbild der ganzen Pflanze bestimmt wird. Die Wurzeln sind mehr oder weniger dorsiventral, sie besitzen zwei Xylembündel, welche im Centralcylinder nach rechts und links gestellt sind und nach oben einigermaassen convergiren, die Phloëmbündel sind sehr undeutlich. Die Nebenwurzeln sind, in Uebereinstimmung mit der Stellung der Xylembündel, auf der rechten und linken Seite der Wurzeln befestigt und brechen durch Spalten in der primären Rinde, welche nicht abgeworfen wird nach aussen. Die Knospen entsprechen in ihrer Anordnung den Xylembündeln und befinden sich desshalb in zwei Reihen welche *beinahe* mit den beiden Nebenwurzelreihen zusammenfallen. Dieses ist aber nicht genau der Fall, denn die beiden Knospenreihen stehen etwas mehr zur Rückenlinie der Mutterwurzel angenähert, wie die Nebenwurzeln.

Der offenbare Zusammenhang zwischen Xylembündeln und Sprossknospenstellung ist hier besonders desshalb bemerkenswerth, weil die Knospen anatomisch durchaus unabhängig vom Centralcylinder, von dieser durch mehrere Zellenschichten getrennt, aus der primären Rinde entstehen. Sie entwickelen sich zwar endogen und müssen 2—5 Zellenschichten zerreissen um nach aussen zu treten, allein dieses macht die Beeinflussung ihrer Stellung durch die Symmetrieverhältnisse des Centralcylinders nicht weniger merkwürdig. †

---

* Familien Podostemaceae, *Afh. Vidensk. Selsk. Skr.* 6 R. Afd. II, 1, 1881, 2e Afh. 6 R. Afd. II, 3, 1882. Sehe auch CARIO, *Bot. Zeit.*, 1881, pag. 25.

† Die systematische Verwandtschaft der Podostemaceen zu den Santalaceen scheint mir besonders

§ 6. *Morphologische Uebersicht der verschiedenen Gattungen der normalen Wurzelknospen.*

Am Ende meiner speziellen Betrachtungen über die Stellungsverhältnisse und den Bau der Wurzelknospen angelangt, wünsche ich hier noch eine kurze Uebersicht zu geben über die hauptsächlichsten Verschiedenheiten in morphologischer Hinsicht, welche wir dabei gefunden haben, für alle Einzelheiten muss ich auf die eingehende Behandlung selbst verweisen.

1e GRUPPE. Die Knospen entstehen aus den Aussenschichten der primären Rinde.

a. Dieselben sind in ihrer Stellung unabhängig von der Structur des Centralcylinders und scheinen durchaus regellos auf der Rinde zerstreut vorkommen zu können. Hierzu gehören *Aristolochia Clematitis* und wahrscheinlich die meisten Phanerogamen-Parasiten aus den Familien der Rafflesiaceen und Balanophoraceen.

b. Die Knospen entstehen ähnlich, wie im vorigen Falle sind aber in ihrer Stellung durch die innere Symmetrie des Centralcylinders bedingt: Podostemaceen, Loranthaceen, Santalaceen, Orobanchen.

2e GRUPPE. Die Knospen entstehen aus der Oberfläche des Centralcylinders, oder in geringer Tiefe unterhalb dieser Oberfläche.

REIHE 1. Ohne feste Symmetrie, nur eine Beeinflussung durch die Nachbarschaft des Lateralcallus auf die Knospenbildung ist bemerkbar: *Ailanthus glandulosa.*

REIHE 2. Nach festen morphologischen Regeln.

ERSTER FALL. Die Knospen sind durchaus unabhängig von den Seitenwurzeln nur stehen sie in deren Reihen, also auf den primären Markstrahlen der Mutterwurzel.

a. Die Knospen können sehr spät aus dem Korkcambium entstehen: *Pyrus japonica.*

b. Die Knospen entstehen entweder spät, wie bei *Pyrus*, *Rosa pimpinellifolia*, *Rubus Idaeus*, *R. odoratus*, oder sehr frühzeitig und ersetzen im

---

durch die folgenden Merkmale angezeigt zu werden: — Der Nucellus des Ovulum verlängert sich in den beiden Familien bis in die Micropyle — beide besitzen eine Centralplacenta — die Podostemaceenkeimlinge besitzen keine wahre Hauptwurzeln sondern ein aus Haaren bestehender Saugapparat — die männlichen Blüthen von *Mysodendron* zeigen grosse habituelle Aehnlichkeit zu dem Androecium der Podostemaceen — in den beiden Familien ist die Wurzelknospe ein Hauptorgan für die Verzweigung.

letzteren Fall eine Nebenwurzelanlage: *Prunus domestica*, *Convolvulus arvensis*, *Ajuga genevensis.*

ZWEITER FALL. Die Knospen sind entweder scheinbar unabhängig von den Seitenwurzeln oder stehen in deren Achseln. Im ersteren Falle sitzen sie jedoch immer in den Seitenwurzelreihen und oft lässt sich nachweisen, dass bei ihrer Entstehung eine Seitenwurzelanlage in Betracht zn ziehen ist: *Alliaria officinalis*, *Cirsium arvense*, *Euphorbia Esula*, *Sonchus arvensis*, *Anemone sylvestris.*

DRITTER FALL. (Hauptfall der Wurzelknospenstellung). Die Knospen stehen ringsum die Basis einer Seitenwurzel oder auf derselben, und sind in ihrer Stellung wahrscheinlich unabhängig von der Symmetrie des Centralcylinders dieser Seitenwurzel, dagegen ist eine Bevorzugung der Oberachseln sehr oft wahrnehmbar. Dieselben müssen entweder als metamorphosirte Seitenwurzeln zweiter Ordnung (*Cochlearia*) oder als metamorphosirte secundäre Seitenwurzeln der ersten Ordnung (*Rumex*), oder, endlich als unabhängige Neubildungen des Wurzelkernes (*Linaria*) aufgefasst werden.

a. Zu jeder Seitenwurzel gehört eine einzelne Knospe: *Epilobium angustifolium* (diese Art bildet ein Uebergang zum vorigen Fall), *Sium latifolium*, *Dioscorea sativa*, *D. japonica.*

b. Zu jeder Seitenwurzel gehören mehrere Knospen: *Scilla Hughii*, *Cephalanthera rubra*, *Picris hieracioides*, *Linaria vulgaris*, *Cochlearia Armoracia*, *Nasturtium sylvestre.* Bei den Wurzelsprossen von *Solanum Dulcamara* zeigt sich Analogie zu den Knospen, welche aus Lateralcallus entstehen.

c. Die Knospen stehen vereinzelt neben den Seitenwurzeln und können mit viel Wahrscheinlichkeit als metamorphosirte secundäre Wurzelanlagen der ersten Ordnung betrachtet werden: *Monotropa Hypopitys, Pyrola uniflora*, diese Arten bilden also einen Uebergang zu dem folgenden Falle.

VIERTER FALL. Eine oder mehrere Knospen stehen unmittelbar oberhalb oder unterhalb einer Seitenwurzelbasis, dieselben entsprechen ohne Zweifel Seitenwurzelanlagen der ersten Ordnung: *Rumex Acetosella* (sicher), *Hippophae rhamnoides* (sehr wahrscheinlich).

3[e] GRUPPE. Wurzelknospen, welche durch die directe Umwandlung eines Vegetationspunktes einer fortwachsenden Wurzel, oder einer schon deutlich ausgebildeten Wurzelanlage entstehen. *Selaginella Martensii*, *S. laevigata*, *S. inaequalifolia*, *S. denticulata, S. Galeottiana*, *Ophioglossum vulgatum*, *Anthurium longifolium*, *Neottia Nidus-avis*, *Catasetum tridentatum*, *Rumex Acetosella* (bisweilen), *Impatiens Balsamina* (ein teratologischer Fall).

Als vierte Gruppe würden sich dieser Uebersicht die echten Callusknospen, welche so oft aus dem Callus verwundeter Wurzeln entstehen, anreihen lassen.

KAPITEL VIII.

Allgemeine Betrachtungen über Knospen und Wurzeln.

Ich wünsche in diesem Kapitel einige allgemeine Gesichtspunkte zu berühren, welche sich bei meiner speziellen Untersuchung aufdrängten. Dabei bin ich mich sehr wohl bewusst, dass, was ich zu sagen habe, sehr dürftig und theilweise ungenügend begründet ist, — ich halte mich aber nicht zurück, in der Hoffnung, dass andere, mein Beispiel folgend, den sehr verwickelten Problemen der Knospen- und Wurzelbildung ihre Gedanken zuwenden wollen. Eine Reihe von dankbaren Spezialuntersuchungen drängen sich dabei dem Forscher auf.

§ 1. *Ursprung der Wurzelknospen.*

Ehe ich zur Besprechung des hier bezeichneten Thema's übergehe, will ich einige Bemerkungen über die phylogenetische Herkunft der Knospen im Allgemeinen vorausschicken. Darüber bestehen verschiedene Ansichten. Pringsheim * und Irmisch † meinten, dass alle mögliche Knospenformen ursprünglich aus der Dichotomie des Stengelvegetationspunktes hervorgegangen sind, und, dass auch noch heute die Bildung jeder Achselknospe ein versteckter Dichotomieprocess ist. Mir scheint es aber, dass die Callusknospen und die normalen Wurzelknospen, welche letzteren, wie wir gesehen haben schon bei den Farnen vorkommen, § sich diesem Gedankengange nicht ungezwungen unterordnen lassen.

Nägeli erklärt ** die Achselknospen für metamorphosirte Sporangien, er stellt die axillare oder „phyllogene Verzweigung" der Dichotomie oder „acrogenen Verzweigung" gegenüber, und er verbindet daran einige interessante Betrachtungen. Es scheint mir aber, dass es auch hier wieder die Wurzel- und Cal-

---

* *Bot. Zeit.*, 1851, pag. 118.

† *Bot. Zeit.*, 1857, pag. 492.

§ Wahre Callusbildung ist mir dagegen bei den Gefässkryptogamen unbekannt.

** Abstammungslehre, pag. 478, München, 1884. Der nämlichen Ansicht begegnete ich auch anderswo in der Litteratur, und vor Jahren vertheidigte Hugo de Vries dieselbe im Mundgespräch.

lusknospen der höheren Pflanzen, so wie die von LEITGEB * so ausführlich beschriebenen Knospen der Leber- und Laubmoose sind, welche NÄGELI'S Annahme hinfällig machen, was ich wohl nicht weiter auszuarbeiten brauche.

Im Gegensatz zu einer dritten, von verschiedenen Autoren ausgesprochenen Meinung, lässt sich ferner nach meiner Ansicht die Knospenbildung nicht unmittelbar mit der Embryobildung vergleichen, sondern die Erstere ist nur einer der Factoren der Letzteren. Knospen- und Wurzelbildung sind zwei ursprünglich unabhängige Processe, welche ebensowohl *am Embryo*, wie an der erwachsenen Pflanze neben einander oder vereinzelt existiren können. Dass selbst am Embryo Knospenbildung an sich sehr gut möglich ist, lehren die wurzellosen Embryonen gewisser wurzeltragender Pflanzenarten, man denke z. B. an die Podostemaceen, und dieses beweist eben, dass Knospen- und Embryobildung nicht als homologe Vorgänge aufgefasst werden können. Noch deutlicher geht dieses aus der Entwicklung der Moose hervor, denn, wenn die Knospen mit Embryonen gleich zu setzen wären, so müssten die Moosknospen den Sporogonien entsprechen, was doch sicher nicht behauptet werden kann.

Schliesslich hat man die Knospen für metamorphosirte Blattlappen erklärt, was zwar für bestimmte Lebermoose nach LEITGEB zutrifft, schwerlich aber im Allgemeinen zu vertheidigen ist.

Nach meiner Ansicht muss man in der Knospe nur ein Reproductionsorgan, sei es des ganzen Stockes oder irgend eines Theiles davon erblicken. Da nun jede lebende Zelle der Pflanze die Fähigkeit zur Neuerzeugung des Ganzen besitzt, oder besitzen kann, vermag die Natur auch jeden willkürlichen Punkt des Pflanzenkörpers für die Knospenerzeugung zu verwenden, allein nicht alle Gewebe eignen sich dafür in gleichem Grade, und dieser Umstand, in Verbindung mit gewissen, die Knospenbildung begünstigenden physiologischen Factoren, geben den Durchschlag für die Entstehung der Knospen an genau bestimmten Stellen, und haben dieses bei den Voreltern gethan. Eben, wie die Callusknospen und die Wurzelknospen als eigenthümliche Knospenformen zu betrachten sind, so sehe ich auch in der Dichotomie nichts weiteres als eine, mit der axillaren Verzweigung vielfach übereinstimmende Sprossungsform, welche, wie die letztere, auf den Vegetationspunkten beschränkt ist.

Hiermit ist natürlich die Frage nach dem Ursprung der Knospen im Einzelnen noch nicht erledigt, denn, anstatt die Knospen in Uebereinstimmung mit der Möglichkeit einer überall stattfindenden Reproduction, regellos über den

---

* Untersuchungen über die Lebermoose, z. B. Heft III, pag. 14. Jena 1877 und in SACHS' Lehrbuch, 4te Aufl. pag. 356, 1874.

Pflanzenkörper verbreitet zu finden, sehen wir dieselben eben an genau bestimmten Stellen gebunden. Während wir nun einerseits, wie gesagt, auf die Existenz fester physiologischer Factoren schliessen müssen, welche dieses Verhalten zunächst bestimmen, so erscheint es anderseits als wahrscheinlich, dass die Stellen, wo wir gegenwärtig die Knospen finden, im Laufe der Zeit gewisse Aenderungen erfahren haben können. Besonders die Wurzelknospen geben in dieser Hinsicht zu einer näheren Untersuchung Veranlassung. Sind dieselben plötzlich entstanden an den nämlichen Stellen, welche sie jetzt einnehmen? oder sind sie aus Callusknospen hervorgegangen? Eine langsame Entwickelung in phylogenetischem Sinne, aus einer unscheinbaren Anlage ist natürlich für die Knospe nicht möglich, sie ist fertig da oder sie fehlt; erst, wenn die Knospe in vollständiger Ausbildung zu bestimmten Lebensäusserungen der Mutterpflanze Veranlassung gibt, hat die Zuchtwahl Gelegenheit die neue Eigenschaft zu fixiren und zu verstärken. Dabei muss nun zunächst bemerkt werden, dass, wenn von dem phylogenetischen Ursprung die Rede ist, die echten exogenen Wurzelknospen, welche wir z. B. bei *Aristolochia Clematitis* und bei *Orobanche Galii* kennen lernten, sich in scharfem Gegensetz zu den übrigen befinden. Denn in Bezug auf die exogenen Knospen ist es deutlich, dass in deren Gegenwart ein Familien- oder Ordnungscharacter vorliegt, sei es denn auch, dass dieselben bei vielen Arten, wo sie auf Grund der verwandtschaftlichen Beziehungen zu erwarten wären, gänzlich fehlen. Ueber den ersten Ursprung dieser Knospen lässt sich aus ihrem gegenwärtigen Verhalten kaum etwas sicheres ableiten; die Zuchtwahl hat auf ihnen unzweifelhaft während längerer Zeit eingewirkt, und die Verhältnisse bei den Santalaceen und Podostemaceen legen die Vermuthung nahe, dass die exogene Entstehung bei *Aristolochia* und *Orobanche* von secundärem Ursprung sein kann.

Was nun die übrigen Knospen anbelangt, welche in Bezug auf das junge Mutterorgan endogen sind, so haben wir gesehen, dass dieselben höchstens als Character einer Gattungssection (wie bei *Spiraea*) aber niemals als einer grösseren Abtheilung gemein, auftreten. Gewöhnlich fanden wir dieselben als eine ephemere Erscheinung, sei es bei gewissen Arten einer Gattung, oder selbst nur bei einzelnen Varietäten einer Art, wie bei *Brassica oleracea*. In diesem letzteren Falle, wozu auch die von LUND und KIAERSKOW gezüchteten Bastarde zwischen *Brassica Napus* und *B. Rapa* gehören, ist das plötzliche Auftreten der Wurzelknospen direct beobachtet. Die früher besprochenen Umstände unter welchen die Knospen hierbei entstehen, so wie die Verhältnisse am Lateralcallus von *Populus alba* und *Geranium sanguineum*, legen die Vermuthung nahe, dass auch bei anderen Arten, wie *Reseda lutea*, *Linaria vulgaris*, *Cephalanthera rubra*, deren Wurzelknospen ringsum die Basis von Nebenwurzeln sitzen, eine Zurück-

führung auf Callusknospen möglich ist, und dass dieselben im Laufe der Zeit, während der Callus sich mehr und mehr reduzirte, zuletzt allein an dessen Stelle übrig geblieben sind. Hiergegen lässt sich aber anführen, dass von einer eigentlichen Callusbildung an den Wurzeln der verwandten Formen kaum etwas zu bemerken ist, und ich halte die Annahme, auch rücksichtlich der übrigen beschriebenen Spezialfälle für unbegründet. Da ich keine andere Ableitung für die lateralen Wurzelknospen zu finden weiss, wie aus Callusknospen, und diese Ableitung mir kaum haltbar vorkommt, so glaube ich, dass die von mir beschriebenen morphologischen Thatsachen sich gegenwärtig schwerlich weiter interpretiren lassen, als wie ich es in meinen Spezialbeschreibungen gethan habe. Darnach sind die Wurzelknospen plötzlich entstanden durch Umwandlung ruhender Vegetationspunkte von Seitenwurzeln, oder aus Zellgruppen ringsum die Basis von den letzteren, namentlich aus den Wurzelkernen, welche besonders für Seitenwurzelbildung geeignet sind, oder aus anderen Geweben, welche der Sitz irgend eines normalen Reproductionsvorganges, wie von Periderm- oder Korkbildung sind.

§ 2. *Wahre Callusknospen an Stengeln und Wurzeln.*

Es ist eine ziemlich allgemeine, durch die Gartenkunst vielfach bewährte Regel, dass die Fähigkeit abgeschnittener Wurzelstücke aus ihrer oberen Wundfläche Callusknospen zu erzeugen, eine sehr grosse ist, und dazu, an alten Wurzeln merkwürdigerweise gewöhnlich viel ansehnlicher, wie die Neigung zur Bildung neuer Wurzeln. Zwar besitzen auch die Stengel diese Eigenschaft, — man denke z. B. an die Knospen auf abgehauenen Stöcken von Pappeln und Linden, — allein in viel beschränkterem Grade, wie die Wurzeln. Ob die Wurzeln von einjährigen Pflanzen jemals Callusknospen erzeugen bezweifele ich, dagegen geschieht dieses sowohl bei biennen Pflanzen, wie z. B. bei *Pastinaca sativa*, als bei kurz- und langlebigen Perennen oft mit wunderbarer Energie. Besonders die Pflanzen mit stärkereichen Wurzeln eignen sich für die Knospenbildung. Ausgezeichnete Versuchspflanzen in dieser Beziehung sind *Bunias Erucago*, *Crambe maritima*, *Phyteuma spicatum*, *Laserpitium latifolium*, *Bryonia dioica*, *Cichorium Intybus*, *Tragopogon porrifolius;* etwas weniger geeignet sind *Pimpinella Saxifraga*, *Eryngium campestre* und *Pastinaca sativa*, noch weniger geeignet ist *Daucus Carota.* *

* Als Monocotylenwurzeln mit echten Callusknospen habe ich diejenigen von *Dioscorea japonica* und *Tradescantia virginica* angegeben gefunden. Ich selbst sah bei meinen Versuchen daran kein Callus entstehen (man vergleiche übrigens pag. 24).

Obschon die Bevorzugung der Knospenbildung am Oberende der Wurzelstücke* nicht immer deutlich ist, — so fand ich z. B. bei Setzlingen von *Pastinaca sativa* entschieden die Mehrzahl der Knospen am Unterende, das heisst an der Wundfläche, welche dem weggeschnittenen Vegetationspunkte am nächsten war, — muss man darin doch, wie VÖCHTING gezeigt hat, eine Regel von einer sehr allgemeinen Gültigkeit sehen. Bemerkenswerth dabei ist die besonders starke Reproductionsfähigkeit der Hauptachse bei den Bäumen in der Nachbarschaft der Bodenoberfläche; in dem Wurzeloberende am stärksten, lässt sie sich unter steter und schneller Abnahme, bis auf eine gewisse Strecke nach oben in dem Stamm verfolgen, und erlischt in den, noch mit dem Baume verbundenen Zweigen oft gänzlich. Dieses ist offenbar für die Pflanze eine sehr gut eingerichtete Eigenschaft, welche ohne Zweifel bei gewissen Arten, z. B. bei den Pappeln, ein günstiger Factor im Kampf um's Dasein gewesen sein muss. Nichtsdesstoweniger glaube ich, dass die Naturzucht diese Eigenschaft bei einer ganzen Reihe von Pflanzen vorfindet ohne damit etwas anfangen zu können, da andere Organisationsverhältnisse die Bildung von Callusknospen dabei zu einer so seltenen Erscheinung machen, dass diese für die Existenz der Art als unwichtig aufgefasst werden müssen.

Callusknospen können, wie mir scheint, unter natürlichen Bedingungen nur relativ zufälligerweise entstehen, z. B. nach der Beschädigung durch Thiere, wie durch Mäuse und andere Pflanzenfresser, durch Fischen-,† Schnecken- und Insektenfrass, — durch Erdrutschen an schroffen Abhängen, § — durch Entwurzelung und Verwundung infolge des Windes, des Wogenschlages und des Treibeises, — durch scharrende Thiere, wie Maulwürfe, — und durch Viehtritte. ** Sichere Beispiele für die regelmässige Entstehung von Callusknospen infolge des natürlichen Absterbens normaler Organe sind mir nicht bekannt.

Während die ebengenannten Umstände zureichend sein dürften um die Reproduction vermittelst Callus als nützliche Eigenschaft stark exponirter Pflanzen aufzufassen, und dadurch das Auftreten von Callusknospen in gewissen Pflanzen-

---

* Die lateralen Wurzelknospen, welche unabhängig von Callus sind, sind in ihrer Stellung in Bezug auf die Wachsthumsrichtung der Mutterwurzel zwar noch freier, nehmen an Stecklingen aber doch oft die obere Stelle ein.

† Hierzu muss ich aber bemerken, dass Callusknospen von Wasserpflanzen mir nicht bekannt sind.

§ Das Abbrechen von Baumzweigen infolge von Schneedruck, Glatteis und Blitz, so wie die Beschädigung vieler Kräuter durch Hagelschlag habe ich in Gelderland oft beobachtet, und dabei stets vergebens nach Callusknospen gesucht.

** An den Rändern von Fusspfäden in Wiesen konnte ich bei vielem Suchen keine Callusknospen auffinden.

gruppen dem Verständniss näher zu bringen, ist durch diese Erkenntniss für das erste Auftreten derselben, ehe die Selection im Spiele kommen konnte, so wie für die physiologische Erklärung ihrer Ontogenie, nichts gewonnen. Dass bei deren Entstehung, im ontogenetischen Sinne, durchaus nicht immer „erbliche Kräfte" im Spiele sind, scheint sicher zu sein, oft müssen sie, wie oben angeführt, als eine accessore und nutzlose Erscheinung des Wachsthums aufgefasst werden. * So ist es z. B. unannehmlich, dass die echten Callusknospen der Eichen, Buchen und Tannen, welche man *sehr vereinzelt* in der Natur beobachten, oder durch die Gartenkunst mit Mühe hervorrufen kann, für diese Bäume auf irgend einer Weise nützlich sein können, und ich frage, welchen Nutzen die bei meinen Versuchen entstandenen Callusknospen an Wurzelstücken von *Pastinaca sativa* wohl haben mögen, wenn man bedenkt, dass die wilden Exemplare zweijährig sind und die Fähigkeit zur Knospenerzeugung nicht besitzen, während die Culturform wohl noch von niemand, ausser mir selbst, auf dieser Weise multiplizirt worden ist? Ich glaube desshalb, dass wir dieses Vermögen sehr oft als eine, im Sinne DARWIN'S, incidentelle, † das heisst infolge ganz anderer Bedürfnisse oder Einrichtungen entstandene Eigenschaft, aufzufassen haben, und, dass DARWIN selbst gegen diese Auffassung keine Bedenken einbringen würde, geht für mich daraus hervor, dass er in Bezug auf andere, ähnliche Eigenschaften der Pflanzen, an verschiedenen Stellen seiner Werke sich folgendermaassen ausgesprochen hat: „In the earlier editions of this work § I underrated, as it now seems probable, the frequency and importance of modifications due to spontaneous variability." Und an einer anderen Stelle (pag. 175) des nämlichen Werkes: „We thus see that with plants many morphological changes may be attributed to the laws of growth and the interaction of parts independently of natural selection."

Die früher betrachtete ausgiebige Bildung von Wurzelknospen an den Wurzeln gewisser Kohlmischlinge, sowie an den Wurzeln der Hybriden zwischen Rutabaga (*Brassica Napus*) und Turnips (*B. Rapa*), welche beide an sich keine Wurzelknospen tragen, zeigt uns in der Bastardirung einen Umstand, welcher die Knospenerzeugung förderen kann. Dass auch die Nährstoffströmungen dabei wahrscheinlich eine wichtige Rolle erfüllen, wurde schon mehrfach gesagt. Auf diesen oder auf anderen ähnlichen Verhältnissen der inneren Oeconomie der

---

* Wünscht man dennoch die erblichen Kräfte zu retten, so muss man annehmen die Callusknospen seien den Voreltern nützlich gewesen.

† The origin of species, 6th Ed., pag. 198, 1878; Variation under Domestication, 2nd Ed. Vol. II, pag. 171, 1875.

§ Origin, 6th Ed. pag. 171.

Pflanze, muss die Allgemeinheit der Fähigkeit zur Bildung von Callusknospen jedenfalls zunächst beruhen, unabhängig ob an eine besondere Nützlichkeit derselben entweder wohl oder nicht gedacht werden kann.

In Bezug auf die Nebenwurzelbildung aus Stengeln und Blättern lassen sich ganz ähnliche Betrachtungen anstellen, wie die hier vorgetragenen; ich will darauf aber, bei dieser Gelegenheit, nicht weiter eingehen.

§ 3. *Adventivknospen aus Stengelorganen. Versuche mit Kartoffeln und mit Zweigen von Weiden und von Cytisus Adami.*

Ausserhalb der Meristeme der Vegetationspunkte, welche überhaupt ein starkes Bestreben zur Neuerzeugung ihres Gleichen besitzen, ist die Fähigkeit zur Reproduction in den Stammorganen sehr gering und dazu sehr localisirt.

Echte, nicht aus Callus oder aus „Knospenkernen" entstandene Adventivknospen an erwachsenen Stengeln, scheinen stets exogen zu entstehen; mir sind davon die folgenden Beispiele bekannt. *Psilotum triquetrum* erzeugt aus den Haarbildungen der unterirdischen Rhizome Unmassen von Knospen, welche sich leicht ablösen und zu neuen Pflanzen auswachsen. * Diese Eigenschaft dürfte mit der grossen sexuellen Unfruchtbarkeit der Pflanze zusammenhängen. *Begonia prolifera* (eine durch P. N. Don † erzeugte Hybride von der Zusammensetzung *B. manicata* ♀ × *B. coccinea* ♂) und eine als *Begonia phyllomaniaca* bekannte Pflanze von unsicherer Herkunft, aber sicher eine Hybride, § tragen zahlreiche exogene Knospen über der Oberfläche ihrer Stengel und selbst ihrer Blätter verbreitet, welche eben wie bei *Psilotum* metamorphosirte Trichome sind. ** Ueber die exogenen hypocotylischen Sprosse von *Linaria vulgaris* habe ich bei der Behandelung dieser Pflanze gesprochen. Ferner können nach gärtnerischen Angaben die abgeschnittenen Blüthenschafte von *Dionaea muscipula* sich eben wie die Blätter dieser Pflanze mit Knospen bedecken; †† ich untersuchte

---

* Solms Laubach, Aufbau des Stockes von *Psilotum triquetrum* und dessen Entwicklung aus Brutknospen. *Ann. d. Jard. Bot. d. Buitenzorg*, Vol. IV, Part. 2, pag. 139, 1884.

† Gardener's *Journal*, 1847, pag. 616.

§ Nach de Candolle (*Prodromus*) zwischen *Begonia manicata* v. Martius und *B. incarnata* var. *papillosa*, nach Braun (Individuum) wahrscheinlich zwischen *B. incarnata* und *B. dipetala*. Es gibt noch eine andere Form, welche als *Begonia phyllomaniaca* bezeichnet wird, nämlich der Bastard *B. odorata* ♀ × *B. ricinifolia* ♂ (*Report Internat. Hortic. Exposit.* 1866).

** Wakker, Onderzoekingen over adventieve Knoppen, pag. 7, 1885.

†† Die Pflanze scheint in den Warmhäusern nirgends gesäet zu werden, überall sieht man die Gärtner die Blüthenschafte entfernen „um das Wachsthum der Blätter zu fördern."

die Knospen auf den Blättern von *Drosera rotundifolia*, diese entstehen aus der Mitte der Oberseite reifer Blätter, oberhalb der Verzweigungsstellen dicker Nerven, vollständig exogen, * ich glaube desshalb, dass die Dionaeaknospen, welche ich nicht untersuchen konnte, ebenfalls exogen sind.

Eine andere, mit der soeben betrachteten nahe verwandte Reproductionsform, ist derjenige Fall von Viviparität, wobei eine normalerweise im Zustande von Dauergewebe vorkommende Achsenspitze wieder in den Meristemzustand zurückschlägt und durchwächst. Man findet diese Erscheinung bei mehreren sexuell sehr wenig fertilen Pflanzen, wie *Poa alpina vivipara*, *Poa bulbosa vivipara*, *Polygonum viviparum* (bisweilen) und *Eryngium viviparum*(?) ferner, als teratologische Erscheinung, an den Aehrchenspindeln von *Cynosurus cristatus* bei Spätlingen im Herbst, und bei Birnen und doppelten Rosen so wie bei vielen anderen doppelten Blüthen. †

Eine dritte Reihe von Erscheinungen, welche mit dem uns hier beschäftigenden Gegenstand verwandt sind, finden wir in den accessoren internodialen Knospen von *Calliopsis tinctoria*, § in den von PRINGSHEIM entdeckten ** „rankenartigen Bildungen" auf den Internodien von *Utricularia*, so wie in den zerstreuten nodalen Knospen von *Ephedra*, welche STRASSBURGER auffand. †† In allen diesen Fällen kommt es mir sehr wahrscheinlich vor, dass wir nur mit accessoren Seitenproducten der Vegetationspunkte zu schaffen haben, wodurch sich diese Knospen nicht auf eine Linie mit den vorhergehenden stellen lassen. Diese letztere Auffassung ist sicher die richtige betreffs der scheinbar endogenen, in der Wirklichkeit in einer überwallten Rindenkammer sitzenden Beiknospen von *Gleditschia sinensis* und *Symphoricarpus racemosa*, für welche A. HANSEN zeigte, §§ so wie von *Lonicera coerulea* und drei anderen Arten dieser Gattung, für welche ich selbst fand, dass diese Knospen in gänzlich

---

* Ich fand keinen Grund zu glauben, dass hier embryonale Zellgruppen oder etwa ruhende Knospen, welche schon seit dem Meristemzustand des Blattes existirten, zur Entwicklung gelangten, die Knospen, deren ich bei meinen Pflanzen zwei auf jedem Blatte fand, entstanden, wie bei *Begonia* augenscheinlich aus der erwachsenen Epidermis, und waren desshalb im wahren Sinne des Wortes adventiv.

† Wie sich die von BRAUN (Polyembryonie) erwähnten viviparen Agaven (*A. vivipara*, *A. sobolifera*, *A. Jaquiniana*, *Fourcroya longaeva*) in dieser Beziehung verhalten ist mir unbekannt.

§ BRAUN und MAGNUS, Adventivknospen von *Calliopsis tinctoria*, *Verh. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg*, 1870, pag. 151.

** *Monatsberichte der K. Akad. d. Wissensch. z. Berlin.* Febr. 1869.

†† Coniferen und Gnetaceen, pag. 332, Jena 1872.

§§ Vergleichende Untersuchungen über Adventivbildungen bei den Pflanzen, *Abh. d. Senck. naturf. Gesellschaft*, Sep. pag. 27, Frankfurt 1881.

normaler Weise in den Meristemen der Terminalknospen angelegt werden, ähnlich den, bei so vielen Pflanzen vorkommenden überzähligen Achselknospen. Dass letzteres ebenfalls gilt für die accessoren exogenen Sprossungen gewisser Inflorescenzen, wie diejenigen von *Atriplex* und vieler Asclepiadeen, braucht kaum erwähnt.

In Bezug auf die Adventivknospen von *Lycopodium aloifolium*, welche hier noch in Betracht kommen, sagt STRASSBURGER: * „Sie zeigen sich ganz tief an der Basis des Stengels, dicht über dem Boden; sie treten hier meist in den Achseln älterer Blätter auf, und sind dadurch merkwürdig, dass sie ganz peripherisch erzeugt werden". Nach dem, was ich selbst bei *Lycopodium inundatum* gesehen habe scheint es mir möglich, dass diese Knospen nichts weiteres als ruhende Dichotomiezweige sind.

Ueberblicken wir diese gesammten Angaben so finden wir, dass die Erzeugung wahrer exogener Adventivknospen aus erwachsenen Stengelorganen sich beschränkt auf die bei *Begonia*, *Dionaea* und *Psilotum* erwähnten Fälle, wobei von einer Nützlichkeit für die Spezies nur bei *Psilotum* die Rede sein kann.

In Bezug auf die endogenen (oft *beinahe* exogen) aus Callus hervorgehenden Knospen, würde es mir möglich sein eine längere Reihe von Beispielen, wie für die exogenen beizubringen. Ich will mich aber in dieser Beziehung beschränken auf die Besprechung einer besonderen Gruppe derselben, welche bisher wenig beobachtet worden ist, und welche gewisse Analogien aufweist mit den Wurzelknospen, ich meine die secundären Producte verwundeter „Knospenkerne". †

Nachdem mir bei einigen holzigen Pflanzen aufgefallen war, dass beim Wegschneiden der Knospen glatt am Stamme, aus der Wundfläche wieder eine oder mehrere neue Knospen entstehen, stellte ich genauere Versuche an mit Weidenzweigen, Kartoffeln und Zweigen von *Cytisus Adami*.

Bei *Salix amygdalina* fand ich einen Process von wahrer Regeneration; die neuen Knospen entstehen nämlich, bei einjährigen Zweigen, genau an den Stellen der entfernten Knospen, und besitzen den nämlichen Bau wie diese, so sind selbst die beiden ersten Knospenschuppen mit einander zu der bekannten, die ganze Knospe einhüllende Kappe verwachsen und beinahe genau nach rechts und links orientirt. Bei älteren Stämmen von *Cytisus Adami* fand ich nach der Entfernung der Seitenknospen gewöhnlich mehrere, in einem Kreise ringsum den

---

* Bemerkungen über Lycopodiaceen. *Bot. Zeit.*, 1873, pag. 104.

† Zuerst, wie ich glaube, durch VÖCHTING beobachtet, Organbildung, Th. I, pag. 47, 1878, wo es in Bezug auf die Weidenknospen heisst: „Hin und wieder kommt es vor, dass ausser den genannten noch weitere, vielleicht adventive, vorhanden sind", etc.

Holzcylinder der Letzteren angeordnete Adventivknospen, deren Entstehung nicht einfach als Callusreproduction aufzufassen war, denn Verwundung an anderen Stellen gab bei meinen Versuchen überhaupt keine Veranlassung zur Knospenbildung, die frühere Nachbarschaft der Knospe war dafür offenbar eine nothwendige Bedingung. *

Um die Reproductionsfähigkeit von Kartoffeln festzustellen, entfernte ich die Knospen bis auf verschiedener Tiefe, so wie die Rinde zwischen den Knospen, und stellte die Kartoffeln dann in feuchten Sand. Zwischen den Knospen sah ich nichts Neues entstehen, dagegen bildeten sich aus den Wundflächen unterhalb derselben eine kleine Knospengruppe oder eine einzelne Knospe, ähnlich wie an den Weidenzweigen. † War die Dicke der unterhalb der Knospen entfernten Rindenschicht gross, so dass das Cambium berührt wurde, dann war das Regenerationsvermögen auch an diesen Stellen erlischt. Hier liegt also eine gänzlich analoge Eigenschaft vor, wie bei den Seitenwurzelkernen von *Cochlearia Armoracia.*

In Bezug auf die eigentlichen Callusknospen an Stengeln will ich hier noch bemerken, dass diese, eben durch ihren Ursprung aus Callus, sehr oft (jedoch nicht immer) auf ganz bestimmten für Reproductionsprocesse überhaupt eingerichtete Gewebe zurückzuführen sind. Man sieht nämlich den Knospenerzeugenden Callus gewöhnlich, aus cambialen oder pericambialen Schichten entstehen, dass heisst aus Zellen, welche im natürlichen Laufe des Wachsthums einerseits secundäres Holz und secundäre Rinde, anderseits Seitenwurzeln, Faserbündel oder Phellogene Zellen hätten erzeugen können. A. Braun scheint der Erste gewesen zu sein, welcher die Allgemeinheit dieses Zusammenhanges bemerkt hat; seine eigene Worte lauten folgendermaassen : § „In der Mehrzahl der Fälle vegetativer Fortpflanzung ist es unzweifelhaft, dass die Zelle von welcher die Entwickelung des neuen Individuums ausgeht, trotz ihrer Theilhaftigkeit an dem Leben und ihrer kürzer oder länger andauernden Verbindung mit den Geweben

---

* Bei Rhododendronzweigen, deren Seitenknospen erfroren waren, hat man dieses Verhalten ebenfalls bemerkt.

† Auf dieser Weise müssen die Versuche mit Kartoffeln von Carrière interpretirt werden, nach welchen Kartoffelstücke an allen Punkten ihrer Oberfläche Knospen erzeugen können. Diese Angabe ist nicht richtig, die Stücke thun es nur in den oben als „Knospenkernen" bezeichneten Stellen. Duchartre hat also kein Recht auf Grund dieser Versuche zu behaupten (*Bulletin de la Soc. Botan. de France*, T. 18, 1881, pag. 146): „Il reste donc établi par ces expériences que les cellules du parenchyme féculifère de la pomme de terre, sur tous les points de la masse d'un tubercule peuvent s'animer et devenir ainsi les foyers de multiplication cellulaire, dont résulte bientôt l'organisation de bourgeons".

§ Ueber Polyembryonie und Keimung von *Caelebogyne ilicifolia*, *Abh. d. Königl. Akad. d. Wiss. Berlin.* Jahrg. 1859, pag. 231.

der Mutter, doch die Bestimmung zu dieser Eutwicklung *ursprünglich* in sich trägt. Als zweifelhaft können in dieser Beziehung die Anfänge aller Adventivknospen erscheinen, doch machen es die Wucherungen des Gewebes, welche dem Stock- und Wurzelausschlag gewöhnlich vorangehen, nicht unwahrscheinlich, dass die Urzellen dieser Adventivsprosse, nicht gewöhnliche sondern schon besonders zur Sprossbildung * bestimmte Cambiumzellen sind. Die aus Blättern entspringenden Sprosse entstehen an bestimmten Stellen, was gleichfalls darauf hindeutet, dass sie aus einer ursprünglichen, nicht zufälligen Anlage hervorgehen."

Während wir also einerseits die Ueberzeugung erhalten, dass die Möglichkeit zur Knospenbildung überall im lebenden Stengelgewebe existiren kann, drängt sich anderseits der ausserordentlich grosse Unterschied zwischen den verschiedenen Geweben des nämlichen Organes in dieser Beziehung an uns auf, und es scheint mir, dass zwischen den verschiedenen Zellen der nämlichen Pflanze kaum ein anderer, so wichtiger Unterschied, wie dieser anzugeben ist. Die physiologische Pflanzenanatomie wird darauf in der Zukunft unzweifelhaft viel mehr Nachdruck legen, als wie gegenwärtig geschieht.

Die gallenerzeugenden Cynipiden des Eichenbaumes sind in ihrem Körperbau und in ihren Instinkten, wie ich an anderer Stelle gezeigt habe, diesem Unterschied in schönster Weise angepasst. Diejenigen Arten, welche erwachsene Organe für die Erzeugung ihrer Gallen bedürfen, legen ihre Eier in Pericambium, Phloem oder Cambium ab, wobei sie nur eine kurze rechte Legeröhre bedürfen um die betreffenden Organe anzubohren. Wird dagegen ein meristematisches Organ zur Gallbildung benutzt, so braucht das Ei nur an die Oberfläche desselben abgelegt zu werden, wozu für die Frühjahrscynipiden eine höchst einfache Legeröhre gereicht, für die Winterformen dagegen, welche die tief in den Knospen verborgenen Meristeme benutzen, oft ein sehr complizirtes Organ für das Eierlegen nothwendig wird.

§ 4. *Uebersicht einiger durch das Vorhergehende gewonnener Ansichten.*

Durch die vorliegende Untersuchung, so wie durch viele andere schon längst bekannte und besonders durch Vöchting † beschriebene Thatsachen, können, wie ich glaube, die folgenden Ansichten als wohl begründet betrachtet werden.

* Nach meiner Ansicht nur für Reproductionsvorgänge irgend einer Art, sei es für Holz-, Rinden-, Nebenwurzel- oder selbst für Korkbildung.

† Den Inhalt seines Hauptwerkes, Organbildung im Pflanzenreich, Erster Theil, p. 240, Bonn, 1878, setze ich als bekannt voraus.

*

1. Für so weit sich in einer lebenden Zelle ein normaler Zellkern vorfindet hat diese Zelle die Fähigkeit jedes Organ der Pflanze, wozu sie gehört, zu erzeugen; diese Fähigkeit kann aber in latentem Zustande gegenwärtig sein, * um activ zu werden, wenn das Cytoplasma dazu Veranlassung gibt.

2. Die Reproductionsfähigkeit geht gewöhnlich in den erwachsenen Geweben, infolge von Veränderungen im Zellkerne verloren, ein besonderes Reproductionsgewebe, das Pericambium, bleibt aber in den erwachsenen Organen, Wurzeln, Stengeln, Blättern für die Erfüllung der verschiedensten Processe der Neubildung übrig. Dickenwachsthum, Nebenwurzel-, Periderm- und Korkbildung sind dafür die Hauptaufgaben, unter Umständen können daraus Knospen und Callusbildungen entstehen, und viele Gallwespen verwenden es zur Erzeugung ihrer Gallen.

3. Die verschiedenen Reproductionsgewebe einer nämlichen Pflanze besitzen in Bezug auf die dadurch erzeugten verschiedenartigen Neubildungen eine gewisse spezifische Constanz; können aber durch relativ äussere (allein gewöhnlich aus dem Innern der gesammten Pflanze kommende Einflüsse) einen Functionswechsel erleiden (Knospenbildung aus Wurzelpericambium und Wurzelmeristemen).

4. Jedes Meristem hat ein starkes Bestreben bei der Reproduction Aehnliches zu erzeugen: Ein Knospenmeristem oder ein, (als besonderes anatomisches Organ aufzufassender) Knospenkern z. B., neue Knospen, — ein Wurzelmeristem (man denke z. B. an die Dichotomen) oder ein in der Rinde der Mutterwurzel verborgener Wurzelkern, neue Wurzeln, † — ein Blattmeristem, neue Blätter (proliferirende Kohlblätter, verdoppelte Petalen, Nectarienschuppen und Kronenschuppen, Blattknospen der Farne und von *Cardamine*).

5. Ist ein Meristem zum erwachsenen Organe geworden, so vermindert darin, das ist also in diesem Organe, die Neigung zur Erzeugung des Aehnlichen, während das Bestreben zur Bildung des Unähnlichen zunimmt. So entstehen aus den Reproductionsgeweben erwachsener Wurzeln schwierig neue Wurzeln, leicht dagegen Knospen, und umgekehrt, aus den Reproductionsgeweben von Stengeln, ziemlich leicht Wurzeln, schwierig neue Knospen. § Blätter, welche

---

* Vergleichbar also z. B. mit dem latenten Zustande der weiblichen Charactere in jeder Zelle einer männlichen zweihäusigen Pflanze.

† Die Seitenwurzeln erzeugenden Gewebestreifen im Pericambium der Phanerogamenwurzeln können als soviele Massen von jugendlicher „Wurzelsubstanz" aufgefasst werden, welche fertig da liegen um sich unter günstigen Nahrungsbedingungen zu Seitenwurzeln, — in einzelnen Fällen zu Seitenknospen, — zu entfalten. Die Dichotomen, welche kein speziell für Seitenwurzelbildung geeignetes Pericambium in der Wurzel besitzen, stehen in dieser Hinsicht auf einer niedrigeren Stufe der Anpassung an das feste Medium, wie die Farne.

§ Dass die ausgiebige Knospenbildung an abgehauenen Baumstämmen, nur nahe am Boden, im

nur als Theile des einheitlichen Sprosses oder der Knospe aufgefasst werden können, bilden im erwachsenen Zustande ziemlich leicht Wurzeln, dagegen nur sehr selten Knospen (*Begonia*, *Drosera;* gewisse Zwiebelschalen bei *Liliaceen* und *Oxalideen* an noch nicht vollständig ausgewachsenen Stellen).

6. Bildet sich aus einem Knospenmeristem eine neue Seitenknospe, so scheint auf Grund der vorgehend genannten Regel, das zu dieser Knospe nächst benachbarte Pericambium besonders für Nebenwurzelbildung geeignet zu sein, denn erstens wird die Neigung dazu in diese Region des Pericambiums durch die fortwachsende Hauptachse selbst, zweitens durch die Seitenknospe induzirt. Dadurch scheint sich bis zu einem gewissen Grade zu erklären, wesshalb die so nützliche Stellung der Nebenwurzeln an den Stengelorganen in der unmittelbaren Nachbarschaft der Seitenknospen so allgemein ist.

Bildet sich aus einer fortwachsenden Wurzelspitze eine Seitenwurzel, so muss, dem nämlichen Gedankengange zufolge, das Pericambium in der Umgebung der letzteren besonders geeignet sein zur Knospenerzeugung, denn erstens wird die Fähigkeit dazu durch die fortwachsende Wurzel an sich, zweitens durch die Seitenwurzel gefördert. Es ist klar, dass die Stellung so zahlreicher Wurzelknospen an der Seitenwurzelbasis hiermit in Uebereinstimmung ist.

Nach letzterer Regel, in Verbindung mit der fünften müssen die Oberachseln der Seitenknospen besonders geeignet sein für die Nebenwurzelbildung und wir finden dafür thatsächlich viele Belege, wie z. B. bei den Cruciferen, Campanulaceen, Ericaceen, Lobeliaceen, vielen Rosaceen, vielen Alsineen etc., und umgekehrt sind, dem selbigen Gedankengange zufolge, Wurzelknospen besonders in den Oberachseln der Seitenwurzeln zu erwarten, was ebenfalls in manchen Fällen wirklich zutrifft (*Cirsium*, *Pyrola*, *Rumex*, etc.).

§ 5. *Auffassung der Knospe und des beblätterten Sprosses als einheitliche Bildungen.*

Sachs hat sich vor kurzer Zeit in seinen „Vorlesungen über physiologische Botanik" bemüht Stengel und Blatt nirgends als besondere Organe einander gegenüberzustellen, sondern den Spross als einheitliches Gebilde zu behandelen. Durch diese Auffassung gewinnt die morphologische Betrachtung der genannten Organe sehr an Natürlichkeit, und an ihre Richtigkeit kann nicht gezweifelt werden. Ganz besonders spricht dafür die Uebereinstimmung im anatomischen

„wurzelartigen" Theile besteht, nach oben geringer wird oder verschwindet, wurde schon frühe bemerkt.

Baue zwischen Blatt und Stengel, welcher durch den Nachweis des Centralcylinders, des Pericambiums und der Endodermis in so vielen Blattstielen, in der letzten Zeit ihre Begründung erfahren hat. Allein, schon eine vorurtheilsfreie äussere Betrachtung führt zum Schlusse, dass die Trennung zwischen Stamm und Blatt eine künstliche ist, und, dass hier durchaus nicht ein ähnlicher Gegensatz besteht, wie zwischen Spross und Wurzel. Wo liegt an einem beblätterten Farnstamme, in einer Blattrosette, in einer Phanerogamenblüthe die Grenze zwischen Blatt und Stamm? Wie gross ist die Verschiedenheit in dem anatomischen Zusammenhange zwischen einem Achsenorgane und die dazu gehörigen Blätter, verglichen mit der Verbindung dieser Achse mit einer daraus entstandenen Knospe oder Wurzel! Blatt und Achse sind Eins, Knospe und Wurzel in Bezug auf die Achse, accessore Neubildungen.

Versucht man es zu einer klareren Auffassung über die Natur des Sprosses zu gelangen, so sind es besonders zwei Vorstellungen, welche sich dabei aufdrängen. Erstens kann man nämlich annehmen, dass der Stengel nur ein, aus der Verwachsung von den Blattbasen entstandenes Gebilde sei, und zweitens, dass Stengel und Blatt zusammen als homolog mit einem Thallus betrachtet werden müssen.

Die erstere Ansicht, welche sich als eine Ausdehnung der Metamorphosenlehre GOETHE's * darstellt, hat schon vor langer Zeit ihre Vertheidiger gefunden in DUPETIT THOUARS und GAUDICHAUD † und neuerdings in DELPINO's Buch über die Blattstellung. § Nach DELPINO baut sich jeder Vegetationspunkt nur aus Blättern auf, welche bei ihrer aneinander Reihung sich *ursprünglich* so verhalten als ob es Kugeln seien, welche, nach dem möglichst einfachen mechanischen Gesetze, sich zu einem Körper von stabilem Gleichgewicht vereinigen. Dieser Körper ist die zierliche, aus drei spiralig gewundenen Reihen von Kugeln aufgebaute Säule, welche DELPINO „Blattstandsäule" nennt. **

Die Divergenz der Kugeln beträgt darin ungefähr $^4/_{11}$, denn der Winkel zwischen denselben ist annährend $131^0\ 48'\ 37''$. †† Durch Formveränderung der die Säule auf bauenden Elemente, und durch Verlängerung und Verkürzung der Achse der Säule, unter Beibehaltung der ursprünglichen Grösse der Elemente

* J. W. VON GOETHE, Versuch über die Metamorphose der Pflanzen, Stuttgart, 1831.

† A. DU PETIT THOUARS, Essai sur la végétation considérée dans le développement des bourgeons, Paris, 1809 (ein unbedeutendes Buch). GAUDICHAUD's Ansichten kenne ich nur aus dem Résumé in A. RICHARD's Grundriss der Botanik, 3e Aufl. pag. 197, Nürnberg, 1840.

§ Teoria generale della Fillotassi, pag. 158, Genua, 1883.

** In AIRY's Behandlung der Blattstellung (siehe weiter unten) wird diese Säule schon genannt.

†† Der Cosinus des Divergenzwinkels der Kugelsäule ist genau $= -\ ^2/_3$.

können daraus, nach einfachen mechanischen Regeln, die Divergenzen der Hauptreihe der Blattstellungen abgeleitet werden. Die Glieder der Nebenreihen entstehen, nach DELPINO, durch Spaltung gewisser Elemente in regelmässiger Ordnung unter Mitthülfe der genannten Form- und Achsenveränderungen.

Sehen wir nun zuerst von DELPINO'S besonderer Hypothese der Blattstandsäule ab, so scheinen mir für die Ansicht, dass der Stamm sich nur aus Blättern auf baut, ausser dem von DELPINO erwähnten Beispiele des Moosstammes, besonders die Keimpflanzen der Farne zu sprechen, deren Achse sich ohne jeden Zwang vergleichen lässt mit einem Sympodium, wobei die Spitzen der zwei- oder dreizeilig angeordneten Glieder sich als Blätter abzweigen und deren Basen den Stengel auf bauen (vergl. pag. 133), eine anatomische Grenze zwischen Blatt und Stamm fehlt dabei vollständig. Ein zwingender Grund zur Annahme der „Blättertheorie" des Stengels geht aus diesen Verhältnissen jedoch sicher nicht hervor, und es scheint mir dem gegenüber wenigstens ebenso annehmlich die beblätterte Achse der Farnkeimpflanzen, so wie diejenige der Moose, mit einem Thallus zu vergleichen.

Was ferner die Anordnung der Elementarblätter nach der Divergenz $^4/_{11}$ anbelangt, so ist es sicher bemerkenswerth, dass diese Divergenz bei vielen Blattmoosen vorkommt, * in deren kleinen Knospen die Raumersparniss, welche durch die Anordnung nach den gewöhnlichen höheren Divergenzen der Hauptreihe gewonnen werden könnte, nur gering sein würde. BRAUN führt ferner als Beispiele für $^4/_{11}$ die Bracteen von *Musa*, die jüngeren Stöcke von *Agave americana* in seltenen Fällen, sowie gewisse Schösslinge von *Rosa gallica* und *Myrtus communis* an. DELPINO selbst fand diese Stellung bisweilen an gewöhnlich fünfreihig beblätterten Zweigen; endlich erwähnt BRUCH $^4/_{11}$-Stellung an den Rhizomen von *Dentaria glandulosa* und an den Knollen von *Tropaeolum tuberosum*. Uebrigens ist mir kein einziges anderes Beispiel bekannt, und gern wird man DELPINO beistimmen, wenn er annimmt (nicht zu Gunsten seiner eigenen Hypothese), dass diese Stellung so zu sagen nur eine zufällige Abweichung der $^2/_5$-Stellung (wahrscheinlicher der $^3/_8$-Stellung das heisst von 135° ist). Diesem Thatbestand gegenüber scheint mir die Blattstandsäule mit den pflanzlichen Verhältnissen allzuwenig übereinzustimmen, †

---

* BRAUN (Tannenzapfen, pag. 301, *Berl. Akad. d. Wiss.* 16 Juli 1830) nennt in dieser Beziehung *Dicranum scoparium, D. Schraderi, D. multisetum, Meesia hexasticha, M. longiseta, Catharinea undulata, Grimmia ovata, G. affinis, G. atrata, G. cernua β. spiralis, Cinclidotus fontinaloides* und *Hypnum trifarium*.

† Warum DELPINO es so natürlich findet (l. c. pag. 159 etc.), dass diese Stellung, — welche doch nach ihm die am meisten vollkommene in mechanischer Hinsicht ist, — so äusserst selten vorkommt, ist mir nicht deutlich geworden.

und ich bin überdies durch DELPINO's Buch nicht überzeugt, dass die Veränderungen, welche man darin zustande kommen lassen muss um zu den gewöhnlichen Winkeln $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, zu kommen, auch den Weg bezeichnen, welchen die Natur einschlägt, wenn sie die Blätter nach diesen Divergenzen anordnet, und hierauf kommt es doch eigentlich nur an.

DELPINO legt in dieser Beziehung besonderes Gewicht auf die geringe Veränderung, welche die Anordnung der Säule zu erleiden hat um in die fünfreihige, d. h. die verbreiteste aller Stellungen überzugehen. Angenommen, dass die Kugeln in der Säule durch gegenseitigen Druck die Gestalt eines regelmässig sechsseitigen Prisma's erlangen, so wird die Divergenz, so bald die Prismen infolge der kleinen, mit der Formveränderung verbundenen Verschiebung, ineinandergreifen, nahezu $^{20}/_{51}$.* Erhält der Querschnitt der durch Druck veränderten Kugeln mit einem der Achse parallelen Cylindermantel die Gestalt des DELPINO'schen Sechseckes, † so entsteht genau die $^2/_5$-Stellung. Wären nun, wie SCHWENDENER mit soviel Scharfsinn und Kenntniss zu beweisen gesucht hat, § solche Druckverhältnisse wirklich in den Vegetationspunkten thätig, und entstand erst unter deren Mitwirkung die $^2/_5$-Stellung, so müsste man DELPINO's Auffassung beistimmen. Allein in den Vegetationspunkten ist von Verschiebungen durch Druck durchaus nichts zu sehen, sondern es ist eben bei der Anlage der Organe, wie besonders durch C. DE CANDOLLE hervorgehoben worden ist, ** dass man die gewöhnlichen Stellungen erst recht schön, so zu sagen mit geometrischer Genauigkeit vorfindet, während von einer realen Existenz der Blattstandsäule, welche sich doch auf irgend einer Weise in den Vegetationspunkten äusseren müsste, †† überhaupt nichts bemerkbar ist. Ich habe auch nicht in Knospen mit $^2/_5$-Stellung das DELPINO'sche Sechseck als Querschnittsform der Organe auffinden können, dieses kommt vielmehr, wie DELPINO selbst anführt, bei den höheren Stellungen dicht gedrängter Organe vor. Kurz, die genannten geometrischen Beziehungen scheinen nur als Coincidenzen ohne physiologische Bedeutung aufgefasst werden zu können.

---

* Fillotassi, pag. 137.

† Dieses Sechseck hat je zwei einander gegenübergestellte horizontale Seiten, lang 2, zwei kurze verticale, lang 1, und zwei mittlere Seiten, lang $\sqrt{2}$, welche die horizontalen und verticalen unter 45° schneiden, und kommt thatsächlich als Querschnittsform der gedrängten Schuppen in den Zapfen von *Pinus Pinea* vor.

§ Mechanische Theorie der Blattstellungen, pag. 11, Leipzig 1878. Zur Theorie der Blattstellungen. *Berl. Sitzungsber.*, 12 Juli 1885.

** Considérations sur l'étude de la phyllotaxie, pag. 27, Genève 1881.

†† DELPINO scheint die Meinung, dass die Blattstandsäule wahrnembar sein muss, nicht zu theilen, aus seinen Aeusserungen ist mir aber nicht deutlich geworden, wie er sich denn die Sache eigentlich vorstellt.

Auch in genealogischer Hinsicht fehlt der Hypothese jede Stütze. Die Lebermoose, bei welchen man die primordiale Blattstellung noch am ehesten würde erwarten können, reihen ihre Blätter gewöhnlich zweizeilig an, und unter den Farnen ist auch diese letztere Stellung wahrscheinlich die älteste. Da man sich nun schliesslich die Blattstellungen in mechanischer Hinsicht ebensowohl durch ein Schema mit, wie durch ein solches ohne Achse erklären kann, bleiben, nach meiner Ansicht, keine genügende Gründe übrig, weder zur Annahme der Blätterhypothese des Stengels, noch der Blattstellungssäule als Bild der ursprünglichen Anordnung der in Entstehung begriffenen Blätter.

Sehen wir uns nun die zweite Möglichkeit, welche ich als Thallustheorie des Blattsprosses bezeichnen will, etwas näher an.

Sie gründet sich zunächst auf der allgemein anerkannten Herkunft der höheren Pflanzen aus lebermoosähnlichen Vorfahren, welche einen bilateralen Thallus besassen, * und ferner auf der offenbaren Verwandtschaft zwischen dem zweizeiligen Blattsprosse und diesem Thallus, welche auch daraus erhellt, dass manche beblätterte Ordnungen wieder, so zu sagen unter unseren Augen, thallöse Arten erzeugen können, man denke z. B. an die Familien der Lemnaceen und Podostemaceen. Diese Beispiele zeigen deutlich, dass der Thallus dem Bauplane der höheren Pflanzen nicht sehr fern liegen kann. † Die Allgemeinheit der zweizeiligen Blattstellung bei manchen niederen Gruppen von Gefässkryptogamen und Phanerogamen scheint mir auf die Entstehung aller höheren Pflanzen aus bilateralen Thalluspflanzen hinzuweisen. Göbel (in Schenck's *Encyclopedie der Botanik*) scheint dagegen anzunehmen, dass die Spiralstellung der Blätter bei den höheren Pflanzen auf einen helicoidalen Thallus, wie wir ihn heute noch bei *Riella* vorfinden, zurückzuführen ist. §

War einmal ein zweizeilig beblätterter Spross gegeben, so lehrt uns die sehr bemerkenswerthe Beweisführung Airy's, ** dass die übrigen Spiralstellungen der

---

* Die Lebermoose an sich können hier nicht in Betracht kommen, denn selbst die Riccien sind beblättert, und betreffs der bekanntlich ebenfalls beblätterten Marchantiaceen kann man kaum bezweifelen, dass sie von gewöhnlichen „foliosen" Vorfahren abstammen.

† Gibt es bei den höheren Pflanzen heute noch *Organe*, welche als Thallus betrachtet werden müssen? Nägeli und Schwendener (*Mikroskop*, 2e Aufl.) nehmen einen Thallus (Hypocotyl und Samenlappen) als Grundlage des Embryo an. Der nicht differenzirte Theil des Vegetationspunktes oberhalb der jüngsten Blätter ist möglicherweise einem Thallus gleichzusetzen. Auch der Callus dürfte in diesem Sinne aufgefasst werden.

§ Vergebens suchte ich nach einer Begründung dieser Anschauungen in dem langen Aufsatze von Chauncey Wright: On the uses and origin of arrangement of leaves in Plants, *Memoirs of the Americ. Acad. of sc.*, Vol. 9, Pl. 2, pag. 379, 1876.

** Hubert Airy, On Leaf-Arrangement. Communicated by Charles Darwin. *Proceedings of the Royal Soc.*, T. XXII, pag. 298, 1874.

Blätter * begreiflich werden † durch die Annahme der Hypothese, dass der Nutzen der Blattstellungen in den dicht zusammengepackten Organen (Involucren, Zwiebeln, Rosetten, Aehren) besonders aber in der Knospenlage gesucht werden muss, und nicht am ausgewachsenen verlängerten Sprosse. Die Annahme dieser Hypothese scheint unabweisbar, denn für jede Knospe muss es nützlich, ja nothwendig sein bei der geringsten Länge die Maximalzahl von Blattanlagen einzuschliessen, weil sie sich dadurch weitaus am besten gegen Witterungsungunst und allerlei andere schädliche Einflüsse, während ihrer zarten Jugend, zu schützen vermag. Die Raumersparniss ist für die Knospe ein Bedürfniss, wovon ihre Existenzfähigkeit abhängig ist. Wird diese Aussage als richtig anerkannt, so ist die allgemeine Neigung der höheren Pflanzen, ihre Blätter nach den Stellungen der Hauptreihe anzuordnen zwar nicht erklärt, allein, weil dadurch bekanntlich die stärkste Condensation der Blattanlagen erreicht werden kann unter die Herrschaft des Nützlichkeitsprinzips gebracht. Nach dieser Hypothese besteht ferner der Nutzen des Blattstiels darin „die Blattspreite zu befähigen von einer ungünstigen Geburtsstätte das Beste zu machen." Für die Ausarbeitung dieses Prinzips muss ich auf AIRY's Abhandlung selbst verweisen. § Aus diesen kurzgefassten Angaben erhellt zur Genüge, dass die höheren Blattstellungen, bei der Annahme einer ursprünglichen zweizeiligen, der Thallustheorie des Sprosses keine unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenbringen.

§ 6. *Auffassung der Wurzel als metamorphosirter Blattspross.*

Für jedermann, welcher dem anatomischen Baue der höheren Pflanzen, besonders der Gefässkryptogamen, Nachdenken gewidmet hat, kann es nicht zweifelhaft sein, dass die Wurzeln als metamorphosirte Sprossgebilde aufgefasst werden müssen. ** Es ist besonders die durch VAN TIEGHEM und seine Schüler festgestellte Uebereinstimmung im Baue des Centralcylinders, des Pericambiums (Pe-

---

* Das Auftreten der Achselknospen ist, wie früher gezeigt, eine Frage für sich, welche hier unerörtert bleiben kann.

† Eine Schwierigkeit bleibt für mich bestehen in der Annahme der „sprungweisen" Vermehrung der Reihenzahl (man vergl. das Original). Das Verhältniss zwischen Umfang des Vegetationspunktes und Grösse der Basis der Anlage der Seitenorgane ist von SCHWENDENER, wohl mit Recht, als von besonderer Wichtigkeit für die Erklärung der Blattstellungen bezeichnet worden.

§ Die Diagramme, welche bei der Ueberreichung von AIRY's Abhandlung der Royal Society vorgelegt wurden, aber nicht veröffentlicht worden sind, waren nahezu identisch mit den von SCHWENDENER in den *Baseler Berichten* von 1875 so wie in seiner „Theorie der Blattstellungen" in Druck gegebenen

** Auch AIRY und C. DARWIN sind dieser Meinung.

rizikels) und der Endodermis dieser beiden Organe, welche diese Metamorphose zur Sicherheit gebracht hat. Wurzel und Blattspross verhalten sich demzufolge zu einander, wie die verschiedenen Zooiden eines Thierstockes, z. B. einer Siphonophore. Betrachtet man mit E. DARWIN und A. BRAUN den Spross als das pflanzliche Individuum, so müssen die Wurzeln als metamorphosirte Individuen aufgefasst werden.

Eine Schwierigkeit, welche sich hier bei oberflächlicher Betrachtung vorthut, ist die allgemeine endogene Entstehung der Wurzeln im Gegensatz zu der exogenen der Sprosse. Denkt man aber an die Wurzeln der Lycopodiaceen, wo man so zu sagen sieht, wie der Uebergang zwischen den beiden Bildungsweisen zustande kommt, und ferner an die exogenen Wurzeln der Cruciferen und von *Neottia*, so verschwindet diese Schwierigkeit gänzlich.

Erkennt man nun diesen Zusammenhang an, so sind theoretisch noch zwei verschiedene Möglichkeiten in Bezug auf die Natur der Wurzel zu unterscheiden. Für diejenigen, welche sich die Wurzeln phylogenetisch eben so alt denken, wie die Sprosse selbst, können die ersteren, eben wie die letzteren nur veränderte Thalluszweige sein; im umgekehrten Falle bleibt nur die Annahme übrig die Wurzeln seien aus den Blattsprossen selbst hervorgegangen. Endlich muss es als möglich betrachtet werden, dass die Wurzeln sowohl durch die Umwandelung eines Thallus, wie durch diejenige eines Blattsprosses entstanden sein können. Organe sui generis, dass heisst Bildungen, welche sich gänzlich selbständig, aus unscheinbaren Anlagen, im Laufe der Zeit allmählich entwickelt haben, sind die Wurzeln natürlich nicht.

Das Vorkommen wurzelähnlicher Gebilde bei gewissen Moosen, wie *Haplomitrium Hookeri* und *Sendtnera Sauteriana*, spricht jedenfalls für die Möglichkeit einer Entstehung von Wurzeln aus Thalluszweigen, da der Thallus in dieser Klasse sicher einmal vorgeherrscht hat. Inzwischen wird diese Ansicht durch die genannten Arten nicht direct gestützt, weil hier die Ausbildung des Blattsprosses schon vollständig vorliegt und die Rhizoide in diesem Falle noch so deutlich ihre Sprossnatur zur Schau tragen, dass sie auf den Namen wahrer Wurzeln kaum Anspruch machen können und sich auch sicher nicht als Umwandlungsgebilde von Verzweigungen eines früheren thallösen Stadiums ergeben. Es scheint selbst, dass der Gegensatz zwischen wahren Wurzeln * und Sprossen bei den niedersten Gefässkryptogamen, welche den Farnen vorausge-

* SACHS hat neuerdings unter den Begriff Wurzel viele Organe zusammengefasst, welche keine Wurzeln sind, und dadurch einem allbekannten botanischen Begriffe eine ganz neue Bedeutung gegeben. Ich werde die ältere Auffassung des Wortes beibehalten.

gangen sein müssen, noch nicht einmal zur Ausbildung gelangt war, denn die Verhältnisse der Hymenophyllaceen und der Dichotomen zeigen, dass eben in diesen, schon so hoch differenzirten Abtheilungen, die Entstehung von Wurzeln in phylogenetischem Sinne zustande gekommen ist. Nach den Angaben von G. METTENIUS * gibt es nämlich eine beträchtliche Anzahl von Hymenophyllaceen, welche in ihren unterirdischen wurzelähnlichen Sprossen unzweifelhaft Uebergangsgebilde zwischen Stengeln und Wurzeln besitzen. Bei einigen dieser Arten sind an den wurzelartigen Rhizomen deutliche Blattrudimente auffindbar, während dieses bei den anderen nicht mehr der Fall zu sein scheint; ob diese Rhizome immer exogen sind, wie die Knospen, und an deren Stellen entstehen, ist merkwürdigerweise bisher gänzlich unerforscht geblieben, eben, wie auch die übrigen Fragen, welche sich auf diese interessante Bildungen beziehen noch der Beantwortung verharren. † Soviel kann jedoch schon als sicher betrachtet werden, dass die wahren Wurzeln, welche in dieser Familie angetroffen werden, jedenfalls zum Theile, durch die Metamorphose beblätterter Stengel entstanden sein müssen. Da gewisse Hymenophyllaceen selbst gegenwärtig noch vollständig thallös vorkommen, § kann zwar auch hier an die Möglichkeit der Entstehung von Wurzeln aus Thalluszweigen gedacht werden, allein die vorliegenden Beobachtungen können für diese Ansicht nicht als beweisend betrachtet werden.

Was ferner die Dichotomen anbelangt, so sind bekanntlich die Rhizoide von *Psilotum triquetrum* durch NÄGELI untersucht, ** und er fand verschiedene Uebergangsstadien zwischen, mit deutlichen Blättchen besetzten Rhizomen und glatten blattlosen Sprossen, an welchen letzteren er nur in der Zellanordnung an bestimmten Stellen Blattrudimente aufzufinden vermochte. Ein noch schöneres Beispiel für die nahe Verwandtschaft zwischen Spross und Wurzel lieferen die Wurzelträger †† von *Selaginella*, von welchen wir gesehen haben mit welcher

---

* Ueber die Hymenophyllaceae, *Abh. d. K. Säch. Ges. d. Wiss.* Bd. XI, pag. 406, 1865. Begreife ich METTENIUS wohl, so sind die folgenden Arten wurzellos: *Trichomanes concinnum, T. saxifragoides, T. Henzeianum, T. Petersii, T. sublimbatum, T. Hookeri, T. punctatum, T. cuspidatum, T, membranaceum, T. nummularium, T. pusillum, T. Krausii, T. intramarginale, T. latemarginale, T. Borbonicum, T. melanostriatum, T. acutilobum, T. Schmidianum, T. emarginatum, T. cavifolium, T. humile, T. Filicula, T. bilobatum, T. melanorhizum* und *T. capillatum.*

† Mir fehlte die für eine solche Untersuchung unentbehrliche Bodenwärme. In PRANTL's Monographie ist diese Angelegenheit übergangen.

§ Professor DE BARY hatte die Freundlichkeit mir im Strassburger Garten eine solche thallöse Hymenophyllacee zu zeigen, welche anfangs für ein Lebermoos gehalten worden war.

** Entstehung und Wachsthum der Wurzeln, *Beitr. z. Wiss. Bot.* Heft IV, pag. 147, 1868.

†† Sowohl die Wurzelträger von *Selaginella,* wie die Nebenwurzeln von *Lycopodium* führen Blattgrün.

grossen Leichtigkeit sie sich unter bestimmten Bedingungen in Sprosse zurück zu verwandelen vermögen. Die Rhizoide von *Selaginella* und *Psilotum* entstehen durch exogene Dichotomie, dass diese aber leicht in endogene Verzweigung übergehen und auf welcher Weise dieses geschehen kann, lehrt die Entstehung der Seitenwurzeln bei *Lycopodium*.

Das Hauptargument für die Theorie der Herkunft der Wurzeln aus Sprossgebilden ist, wie schon im Anfange dieses Paragraphen hervorgehoben, in der Uebereinstimmung im anatomischen Baue beider Organe, besonders ihrer Centralcylinder, gelegen. VAN TIEGHEM und seine Schüler * haben diese Sache in den letzten Jahren so ausführlich bearbeitet, dass ich wohl verzichten kann darauf näher einzugehen, dieses um so mehr, als ich über den, nach meiner Ansicht besonders wichtigen Ursprung von Pericambium und Endodermis im Stengel und in der Wurzel der Lycopodiaceen zum Augenblicke keine neue Beobachtungen mittheilen kann. Ein Paar Bemerkungen über die phylogenetische Entstehung des Centralcylinders, welche die oben ausgesprochene Behauptung, dass die Wurzeln phylogenetisch späte Bildungen sein müssen auch in anatomischer Beziehung begründen, mögen aber an dieser Stelle noch Raum finden. Die Farnkeimpflanzen besitzen gewiss die einfachste und meist primitive Structur, welche bei den Gefässpflanzen existiren kann, und dieselben können uns möglicherweise ein Bild geben von dem Baue der weiter zurückliegenden Vorfahren. Nun ist es aber bemerkenswerth, dass bei ihnen der Centralcylinder noch nicht existirt, sondern durch ein einzelnes Gefässbündel ersetzt wird. So besitzt der Keimling von *Aspidium Filix mas* „nach $^1/_3$-Divergenz geordnete Blätter, deren einzählige Bündel im Stämmchen sympodial zu einem axilen Strange vereinigt sind", † erst oberhalb des 5ten oder 6ten Blattes geht die Blattstellung in $^3/_8$ über und beginnt die Bildung „des netzförmigen Bündelrohres", dass heisst also des Centralcylinders. Der Centralcylinder der Wurzel entspricht, in dem Baue unter welchem wir denselben gegenwärtig kennen, offenbar nur diesem höheren Entwickelungsstadium des Stengels, was auf eine späte Entstehung in phylogenetischen Sinne hinweist. Da für diese Auffassung auch die oben beschriebene wiederholte Entstehung von Wurzeln bei verschiedenen Abtheilungen der Gefässkryptogamen spricht, scheint alles darauf hinzudeuten, dass die Wurzeln erst entstanden sind nachdem die Gefässpflanzen das

---

* L. MOROT, Recherches sur le péricycle, *Ann. d. sc. nat. Bot.*, 6e Sér., T. 20, pag. 299, 1885; J. HÉRAIL, Recherches sur l'anatomie comparée de la tige des Dicotyles, *Ann. d. sc. nat.*, 7e Sér. T. 2, pag. 203, 1885; P. MARIÉ, Recherches sur la structure des Rénunculacées, *Ann. d. sc. nat. Bot.* 7e Sér. T. 2, pag. 1, 1885.

† DE BARY, Vergleichende Anatomie, pag. 296, 1877.

Thallusstadium schon verlassen hatten, und dass sie desshalb nichts anderes als metamorphosirte Blattsprosse sein können.

Diese Betrachtungen führen noch zum Schlusse, dass es nicht richtig wäre Knospen und Wurzeln als einseitig reduzirte Embryonen zu betrachten, — offenbar sind die Nebenwurzeln das primäre. die Hauptwurzel das secundäre Glied in der Entwicklungsreihe gewesen. Dadurch erklärt sich einigermaassen, warum in den Embryonen von Farnen, Equiseten und vielen Monocotylen die Richtung der Hauptwurzelanlage einen stumpfen oder selbst beinahe einen rechten Winkel mit der Längsachse der Keimknospe bilden kann, und warum die Hauptwurzel am Embryo gewöhnlich endogen entsteht.

Die relativ späte phyletische Entstehung der Wurzeln aus den Sprossen erklärt ferner bis zu einem gewissen Grade den, in den vorhergehende Seiten so vielfach nachgewiesenen directen Uebergang der Wurzelanlagen in Knospen, einen Uebergang, welcher offenbar viel Aehnlichkeit mit Atavismus im gewöhnlichen Sinne besitzt, sich davon aber unterscheidet, dadurch, dass nicht die Sprossform des Urahnes sondern diejenige der Pflanze selbst erscheint.

FIGUREN- UND BUCHSTABENERKLÄRUNG.

BUCHSTABENERKLÄRUNG.

ax Centralcylinder.
bn Blattnarbe.
bs Blattspross.
bw Wurzelträgerbasis.
cb Cambium.
cc Centralcylinder.
cl Callus.
cp Primäre Rinde.
cs Secundäre Rinde.
ct Cotyledonen.
gf Gefässbündelgeflecht.
gr Wurzelknospe.
gw Galiumwurzel.
hg Gefässe des secundären Holzes.
hp Hypocotyl.
hs Haustorium.
kw Kern einer Seitenwurzel oder Seitenknospe.
kz Secretführende Zellen oder Interzellularräume.
lf Luftfreies Gewebe.
lg Lufthaltiges Gewebe.
lk Luftkanäle.
ms Markstrahlen.
oB Oberfläche des Bodens.
ow Orobanchewurzeln.
pd Periderm.
ph Phloem.
pr Pericambium oder Perizikel.
rl Seitenwurzel.
rm Mutterwurzel.
sb Siebbündel.
sc Sclerenchymfaserbündel.
sh Phloemscheide.
sk Stammknospe.
st Stipulae.
sz Steinzellen.
vp Vegetationspunkt.
wm Wurzelmütze.
wt Wurzelträger.
wz Wurzeln.
xp Primäres Holz.
xs Secundäres Holz.

FIGURENERKLÄRUNG.

Die Vergrösserung ist zwischen Klammern angegeben.

TAFEL I.

Selaginella, Populus, Rumex, Anemone.

Selaginella.

Fig. 1. *Selaginella Martensii.* Veränderung eines Wurzelträgers in den Blattspross *bs*; *bw* dessen Basis; *bw'* Basis eines unveränderten Wurzelträgers; *wt* (oben) neuerzeugter Wurzelträger am Blattspross *bs*; *wz* die dichotomirenden Wurzeln.

Populus alba.

Fig. 2. Skizze der Wurzelformen der Weisspappel; *rm* Mutterwurzel, aus welcher fünf ähnliche Wurzeln entspringen, von diesen ist eine, die Seitenwurzel *rl* vollständig, die übrigen sind theilweise ausgeführt, *rl'* die Seitenwurzeln letzterer Ordnung von eigenthümlichen Baue, mit Pilzmycel bekleidet.

Fig. 3. Eine ältere Gerüstwurzel mit Knospencallus *cl*, worauf Wurzelsprosse *gr*, und mit Lateralwurzeln *rl* und *rl'* der beiden Formen.

Fig. 4 (13). Querschnitt der Gerüstwurzel aus voriger Figur um den Ursprung des Callus *cl* aus der Basis der Seitenwurzel *rl*, und die Entstehung der Knospen *gr* zu zeigen. Die Wurzel zeigt fünf primäre Holzbündel *xp*; *cb* der Cambiummantel, *cs* die secundäre Rinde, *ax* der Centralcylinder der Seitenwurzel verfolgbar in der Mutterwurzel.

Populus italica.

Fig. 5. Eine alte Wurzel der Pyramidenpappel als Steckling gebraucht. Die Wurzelsprosse *gr* entstehen nicht aus dem eigentlichen Callus *cl*, sondern auf der Basis der Nebenwurzel *rl* selbst.

Rumex Acetosella.

Fig. 6. Normale Seitenwurzelbildung aus einer Wurzel. Die Seitenwurzeln stehen entweder einzeln, oder in Gruppen zu zweien, rl_1 und rl^1, oder zu dreien rl_1, rl^1, rl^1, hinter einander. Die Wurzelspitze ist noch mit der primären Rinde *cp* überzogen, übrigens ist letztere abgeworfen und die secundäre Rinde *cs* sichtbar.

Fig. 7. Eine ältere Wurzel mit Wurzelknospen *gr*, welche neben den Seitenwurzeln *rl* sitzen; *vb* Vorblatt einer Knospe; *ra* eine Adventivwurzel des Wurzelsprosses.

Fig. 8. Eine Wurzel *rm* mit Seitenwurzelgruppen. In der linken unteren Gruppe sieht man neben der normalen Seitenwurzel rl^1 die Seitenwurzel rl_1, welche an ihrer Basis zwei Blätter *vb* und f^1 trägt und offenbar durch die Umwandlung einer Knospe entstanden ist. Auch in der oberen Seitenwurzelgruppe bemerkt man ein solches Uebergangsgebilde.

Fig. 9. Längsschnitt durch eine Seitenwurzelgruppe mit einer Uebergangsbildung rl_1 welche an ihrer Spitze Wurzel ist, und Wurzelhaare und Wurzelmütze *wm* trägt, an ihren Basis dagegen Stengelnatur hat und das Vorblatt *vb* trägt; rl^1 die unveränderte Seitenwurzel; *cs* die aufgerissene secundäre Rinde.

Fig. 10. Querschnitt einer Uebergangsbildung zwischen Wurzel und Spross. Die oberen Schnitte *a*, *b*, *c*, zeigen Stengelnatur, die unteren *d* und *e* den Bau einer normalen zweizähligen Wurzel.

Fig. 11. Eine alte 4-zählige Wurzel in Querschnitt. In der secundären Rinde *cs* verborgen, sieht man drei Wurzelsprosse *gr*; *xs* ist das secundäre Holz von den vier dicken Markstrahlen *ms* durchschnitten, *cb* das Cambium, *pd* das Periderm.

Anemone sylvestris.

Fig. 12. *a* bis *g* verschiedene, durch ihre sehr wechselnde Stellung merkwürdige Sprossknospen; rl^1 und rl^2 zwei zu einer Gruppe gehörige Seitenwurzeln; *bh* die Stellen mit der eigenthümlichen Behaarung.

TAFEL II.

Anemone, Brassica, Nasturtium, Alliaria, Cochlearia, Geranium.

Anemone sylvestris.

Fig. 13 (17). Längsschnitt einer Wurzel, welche eine Seitenwurzel *rl*, neben dieser eine Sprossknospe *gr* und dieser gegenüber eine sehr junge Anlage *gr'* einer anderen Sprossknospe trägt. Die Wurzel ist zweizählig, *xp*, *xp* sind die beiden Xylembündel, *pr* die Producte des Pericambiums, *cp* die primäre Rinde.

Brassica oleracea.

Fig. 14. Die gewöhnliche Seitenwurzelstellung bei den Kohlwurzeln. Neben den in Gruppen vereinigten Seitenwurzeln *rl*, *rl'*, rl^2 sieht man den Callus *cl*.

Fig. 15. Die Stellung der Knospen *gr* auf der Kohlwurzel; die Knospen befinden sich entweder, *gr*, auf dem Callus *cl*, oder, *gr'*, auf den Seitenwurzeln *rl* selbst

Fig. 16. Rotherkohlwurzel mit Wurzelsprossen *gr*, Seitenwurzeln *rl* und Callus *cl*.

Fig. 17. Die Stellung der Wurzelsprosse *gr* und der Seitenwurzeln *rl'*, rl^2 auf einem Lateralcallus *cl*, stärker vergrössert.

Fig. 18. Querschnitt durch die untere Seitenwurzel der Fig. 15 am Orte von *gr'*. Die junge Knospe ist noch mit der Wurzelhaube *wm* überdeckt; *cp* die primäre Rinde, im Begriff abgeworfen zu werden; *rl* eine sehr junge Seitenwurzelanlage im Phloem *pr*; *xs* das secundäre Holz.

Nasturtium sylvestre.

Fig. 19. Eine Mutterwurzel *rm* mit zwei Reihen von Seitenwurzeln *rl.* Neben diesen die Wurzelsprosse *gr.* Die Adventivwurzeln *ra* der Sprosse sitzen einzeln oder zu Gruppen vereinigt in den Blattachseln.

Alliaria officinalis.

Fig. 20. Eine junge Pflanze mit hypocotylischen Sprossen und Wurzelsprossen *gr*, *gr'*. Das Hypocotyl *hp* ist oberhalb der Bodenoberfläche *oB* noch theilweise mit der primären Rinde *cp* bedeckt, diese zerreisst nach unten, sodass die Knospen auf der secundären Rinde sitzen. Die Blätter besitzen Stipelpaare *st.*

Fig. 21. Ein kleinen Stück einer Hauptwurzel mit zwei Knospen, welche auf der secundären Rinde *cs* sitzen. Das erste Blatt f', ist nach unten das zweite f^2 nach oben gekehrt; auch hier sind die früh absterbenden Stipeln *st* zu sehen.

Cochlearia Armoracia.

Fig. 22. Gewöhnliches Aussehen eines, viele Wurzelknospen tragenden Meerrettigs. Die Wurzel ist vierstrahlig, die vier den Strahlen entsprechenden Knospenreihen *gr* gehören zu den Seitenwurzelgruppen *rl, rl'.*

Fig. 23. Ein als Steckling gepflanzter Meerrettig stärker vergrössert. Jede Knospe sitzt unter auf eine Seitenwurzelbasis *rl* und trägt selbst die erste Adventivwurzel *ra.* Oben sieht man in einer einzigen Gruppe drei Knospen gr', gr^2 und gr^3, welche zu den zwei Seitenwurzeln rl^2 und rl^2 gehören.

Fig. 24 Ein weiter entwickeltes Stadium, übrigens wie die vorige Figur.

Fig. 25. Quadrant eines Wurzelquerschnittes mit einer Sprossknospe auf der Basis einer Seitenwurzel *rl*; *gf* das Gefässbündelgeflecht von einer Phloemscheide *sh* eingeschlossen.

Fig. 26. Anderer Querschnitt. Beim Dickenwachsthum sind Seitenwurzel *rl* und Knospe vollständig isolirt vom Holzkörper der Mutterwurzel, sodass das Gefässbündelgeflecht *gf* nicht mit dem Inneren der Wurzel zusammenhängt.

Fig. 27. Die Stellung der Adventivwurzeln *ra* am Stengel. Dieselben stehen in einer horizontalen Reihe rechts und links neben einer Seitenknospe *sk*; *bn* die Blattnarbe.

Geranium sanguineum

Fig. 28. Eine sprossende Wurzel. Die Seitenwurzeln *rl* sitzen neben Callusartigen

Wucherungen *cl*, welche entweder ein oder zwei Rudimente von anderen, nicht weiter entwickelten Seitenwurzeln enthalten, oder Blattknospen *gr* den Ursprung geben.

Fig. 29*a* (13). Querschnitt durch eine Wurzel mit Callusgeschwulst *cl*, worin man unter den »Centralcylinder" *ax* sieht, welcher auf Seitenwurzelmetamorphose hindeutet und der sich höher im Callus öffnet; zur vollständigen Entfaltung einer Knospe ist der Callus aber nicht gelangt; *xp* die zweizählige primäre Gefässplatte, *sc* Scleremchymfaserbündel, *hg* Holzgefässe des secundären Holzes, *ms* Markstrahlen, *cb* Cambium.

Fig. 29*b* (13). Längsschnitt einer ähnlichen Callusgeschwulst, wie in der vorigen Figur dargestellt. Der Callus *cl* ergibt sich als eine Hemmungsbildung einer Seitenwurzel.

TAFEL III.

Geranium, *Ailanthus*, *Sium*, *Euphorbia*, *Epilobium*.

Geranium sanguineum.

Fig. 30 (13). Querschnitt einer Wurzel mit Knospe *gr* und Callus *cl*. Bezeichnung der Buchstaben, wie in voriger Figur.

Ailanthus glandulosa.

Fig. 31. Ansicht einer Wurzel von *Ailanthus glandulosa* mit Seitenwurzeln *rl*, welche jede zwischen zwei Callusstreifen *cl* sitzen, und Wurzelknospen *gr*, diese entweder regellos, oder neben den Callusstreifen.

Fig. 32 (13). Querschnitt einer Wurzel um den Ursprung der Seitenwurzel *rl*, des Callus *cl* (links und rechts) und der Knospe *gr* zu zeigen, *xp* die drei primären Holzbündel, *ms* Markstrahlen, *hg* Gefässe des secundären Holzes, *cb* Cambium, *ph* Phloembündel, *sc* Steinzellgruppen, *pd* Periderm, *gf* Gefässbündelchen der Knospe, welche einen sehr einfachen Centralcylinder bilden, welcher blind im Callus endet.

Sium latifolium.

Fig. 33. Eine Siumwurzel, theilweise ohne primäre Rinde *cp* gezeichnet, um die Stellung der Knospen *gr* an der Basis der Seitenwurzeln *rl* zu zeigen, *ra* die ersten Wurzeln der Knospen.

Fig. 34. Gewöhnliche Ansicht einer älteren Wurzel, welche ihre primäre Rinde verloren hat, *gr* die Knospen an der Basis der Seitenwurzeln *rl*.

Fig. 35. Eine Wurzel *rm* mit zwei, zu jungen Pflanzen entwickelten Wurzelknospen,

rl die Seitenwurzeln auf deren Basis sie sitzen, *ra* die ersten Nebenwurzeln der jungen Pflänzchen.

Fig. 36 (35). Querschnitt durch eine Wurzel mit Knospe *gr* und Seitenwurzel *rl*, *ra* erste Nebenwurzel. In der primären Rinde befinden sich 15 Luftkanäle *kn*.

Fig. 37. Schema der Stellung der Knospen *gr* neben der Basis der Seitenwurzeln *rl*, in Bezug auf die Mutterwurzel *rm*.

Fig. 38. Schema der Blattstellung der Wurzelsprosse in Bezug auf Seitenwurzel *rl* und Mutterwurzel *rm* ; f^1, f^2, f^3, die drei ersten Blätter einer Knospe.

Euphorbia Esula.

Fig. 39. Ansicht einer knospentragenden Wurzel von *Euphorbia Esula* ; *gr* die Wurzelknospen zu den Seitenwurzeln *rl* gehörig ; *sk* Stammknospen, diese haben, eben wie die Stengel selbst, nur sehr geringe Neigung zur Erzeugung von Adventivwurzeln. *

Epilobium angustifolium.

Fig. 40. Uebersicht aller beobachteten Modificationen in der Seitensprossung einer älteren 4-strahligen Wurzel, im October ausgegraben.

a. Ein Sprossverband, welches 3 Jahrgänge umfasst.
  I. Die Narbe des vorjährigen Stengels.
  II. Basis des diessjährigen, unten nicht abgestorbenen Stengels mit Seitenknospen *sk*, welche in ihren Achseln Adventivwurzeln *ra* erzeugen,
  III. Die Winterknospe.
b. Vereinzelt hervorspressende Wurzeln.
c. Eine Wurzel mit einer Wurzelknospe.
d. Zwei Wurzeln mit einer Knospe.
e. Gruppe von zwei Wurzeln.
f. Zwei Wurzeln mit einer Knospe.

---

* In der letzten Zeit untersuchte ich auch *Euphorbia Paralias* (Seedünen bei Loosduinen), die Wurzelknospen verhalten sich genau, wie die der übrigen Arten. Adventivwurzeln an den Stengeln sind auch hier selten, jedoch leichter zu finden wie bei *E. Esula*, dieselben sitzen vereinzelt unterhalb der Knospen, und durchbohren die Blattbasis, oder befinden sich in dieser Richtung noch etwas tiefer hinab.

g. Eine Wurzel mit zwei Knospen.
h. Gruppe von drei Wurzeln.
i. Gruppe von zwei Wurzeln und zwei Knospen.
k. Gruppe von zwei Wurzeln mit einer Knospe.
l. Eine Knospe neben einer Wurzel auf einer Seitenwurzel, um zu zeigen, dass die Knospe in der »Unterachsel" der zugehörigen Seitenwurzel sitzen kann.
m. Eine Gruppe von drei Wurzeln auf der Seitenwurzel.

TAFEL IV.

Hippophae, Rubus, Rosa, Spiraea, Coronilla, Monotropa, Convolvulus.

Hippophae rhamnoides.

Fig. 41*a.* Uebersicht der beobachteten Modificationen.
a. Gruppe von zwei Wurzeln.
b. Eine Wurzel.
c. Gruppe von drei Wurzeln.
d. Gruppe von zwei Wurzeln mit 4 Knospen, wahrscheinlich umgewandelte Wurzeln.
e. Wurzel mit einer Knospe daneben.
f. Zwei Wurzeln mit 4 Knospen daneben.
g. Wurzel mit Knospengruppe.
h. Wurzel mit Knospe auf der Basis.

Fig. 41*b.* Querschnitt einer zweizähligen Wurzel, eine Knospe und eine Seitenwurzel treffend.

Rubus Idaeus.

Fig. 42. Eine 4-strahlige Wurzel, die Wurzelsprosse stehen in den Reihen der Seitenwurzeln, übrigens von diesen gewöhnlich unabhängig; *a*, *b* und *c* treibende Knospen, *d* ruhende Knospen, *e* eine in der Achsel einer Seitenwurzel sitzende Knospe.

Rosa pimpinellifolia.

Fig. 43. Eine Knospe *gr*, welche aus der secundären Rinde *cs* einer dreistrahligen Wurzel entstanden ist und welche das Periderm *pd* zerrissen hat; sie entspricht ungefähr einer der primären Markstrahlen *ms* aber übt durchaus keinen Einfluss auf die anatomische Structur der Wurzel aus, sodass die Sklerenchymfaserbündeln *sc* ununterbrochen unterhalb der Knospe verlaufen. In der Rinde sind angegeben das luftführende Gewebe *lg* und das luftfreie Gewebe *lf*, welches letztere z. Th. aus den Phloembündeln

anderntheils aus dem Stärkgewebe besteht. In dem secundären Holze *xs* sieht man die Gefässe, und im Centrum der Wurzel die drei primären Holzbündel *xp*.

Spiraea Filipendula.

Fig. 44. Stück einer fleischigen dreizähligen Wurzel als Steckling gepflanzt. Die Knospen *gr* entstehen aus der Seitenwurzelbasis. Neue Seitenwurzeln *rl'* entstehen ebenfalls nur neben den schon alten Seitenwurzeln *rl*.

Coronilla varia.

Fig. 45. Die gewöhnlich vorkommenden Fälle, wobei die Wurzelknospen *gr* in der Oberachsel der secundären Seitenwurzeln stehen; so ist es jedoch nicht immer.

Fig. 46. Schema der Knospenstellung in Bezug auf die secundären Seitenwurzeln.

Fig. 47. Querschnitt einer dreistrahligen Wurzel mit einer Seitenwurzel *rl* und einer Knospe *gr*. Diese Letztere ruht auf dem Gewebe des Knospenkernes kw^1; *kw* der Kern der längsdurchschnittenen Seitenwurzel, *cs* secundäre Rinde, *xs* secundäres Holz, *cb* Cambium, *ms* Markstrahlen.

Fig. 48. Schema der Stellung der ersten Blätter an den Wurzelknospen *gr* in Bezug auf die zugehörige Seitenwurzel *rl*, die Pfeile deuten die Wachsthumsrichtung der, beiden gemeinsamen Mutterwurzel an.

Monotropa Hypopitys.

Fig. 49*a*. Ein sorgsam präparirtes Wurzelsystem mit vier Sprossknospen *gr*, wovon zwei, abweichend von dem gewöhnlichen Verhalten, in den, der Mutterwurzelspitze zugekehrten Achseln der zu ihnen gehörigen Seitenwurzeln *rl* sitzen. Die Sprosse stehen an den Stellen von Seitenwurzeln.

49*b* (13). Längsschnitt einer Wurzel mit zwei Knospen *gr* und *gr'*, und einer Seitenwurzel *rl*, *cp* die primäre Rinde, welche nicht abgeworfen wird, *pr* die Producte des Pericambiums.

49*c* (13). Querschnitt einer Wurzel um zu zeigen, dass die Seitenwurzel nicht allein aus dem dreistrahligen Centralcylinder, sondern auch aus den inneren Schichten der primären Rinde entsteht.

Convolvulus arvensis.

Fig. 50. Keimpflanze im October, mit Wurzelknospen *gr* auf Hypocotyl und Wurzel, *OB* Bodenoberfläche.

Fig. 51 (13). Längsschnitt durch das Hypocotyl zwei Knospen treffend; f', f^2 deren erste Blätter, *kz* äussere, krystalführende Zellschicht des Centralcylinders, *pr* aus dem Pericambium hervorgegange Producte, *xs* secundäres Holz, *cp* primäre Rinde.

Fig. 52, 53 (und 54* Taf. V). Successive Querschnitte des Hypocotyls an der Stelle, wo eine Knospe steht; die Luftkanäle *lk* liegen ringförmig um den Centralcylinder angeordnet. In den Blättern f' und f^2 sind drei Gefässbündel sichtbar. Uebrige Buchstaben, wie in Fig. 51.

TAFEL V.

Convolvulus, Solanum, Linaria.

Convolvulus arvensis.

Fig. 54. Erklärung bei der vorigen Figur.

Fig. 55 (13). Querschnitt der eine Knospe tragende Uebergangsstelle des Hypocotyls in die Hauptwurzel, die 8 Holzbündel *xs* sind noch getrennt.

Fig. 56 (26). Querschnitt durch eine Wurzel mit Wurzelknospe. Die 8 Holzbündel *xs* des Hypocotyls sind zu vier verschmolzen, *xp* die vier primären Gefässplatten der Wurzel, *pr* Producte des Pericambiums, *lk* Luftkanäle, *cp* primäre Rinde, *vp* Vegetationspunkt der Knospe, *f* Blatt.

Solanum Dulcamara.

Fig. 57. Ansicht einer horizontal in feuchten Sand gelegten Wurzel mit Callus *cl* neben den Seitenwurzelbasen *rl*, und daraus entstandene Wurzelknospen *gr*.

Fig. 58. Eine als Steckling behandelte Wurzel, welche keine Sprossknospe sondern neue Seitenwurzeln entwickelt hat; neben zwei Seitenwurzeln rl^1 ist eine zweite Seitenwurzel rl_1 der nämlichen Ordnung entstanden.

Fig. 59 und 60 (13). Entwicklung einer solchen nachkommenden Seitenwurzel der ersten Ordnung rl_1, dieselbe entsteht in der Tiefe der secundären Rinde *cs*; *pd* Periderm, *cb* Cambium, *xs* secundäres Holz, *xp* primäre Gefässplatten, rl^1 gewöhnliche Seitenwurzel.

Fig. 61 (26). Eine Knospe *gr* hat sich scheinbar genau an der Stelle der nachkommenden Seitenwurzel entwickelt, jedoch muss dieselbe wahrscheinlich als zum Callus *cl* gehörig betrachtet werden; *gf* die Gefässbündelverbindung der Knospe mit dem Holzcylinder der Mutterwurzel.

Fig. 62 (13). Querschnitt durch einen Callus *cl* mit vier Knospen *gr*, der Centralcylinder *cc* einer Seitenwurzel ist in der Mitte sichtbar.

Linaria vulgaris.

Fig. 63. Keimpflanze mit sechs hypocotylischen Knospen und Sprossen *1—6*, *hp* das Hypocotyl, *ct* die Cotyledonen, *65* und *66* die Stellen, wo die Querschnitte für die Figuren 65 und 66 genommen sind.

Fig. 64 (13). Drei Knospen auf dem Hypocotyl *hp*, dieselben sind exogen.

Fig. 65 und 66 (13). Querschnitt der Verbindungsstelle des Hypocotyls *hp* mit dem Sprosse *6* der Fig. 63; *cp* primäre Rinde, *pr* peripherische Producte des Pericambiums, *cc* Centralcylinder von Spross *6*, *xs* secundäres Holz vom Hypocotyl.

Fig. 67. Ansicht einer sprossenden Wurzel; ein bis vier Sprosse *gr* stehen ringsum die Basis der Seitenwurzeln *rl*.

Fig. 68 (17) und 69 (38). Entwicklung der Knospen *gr* aus der primären Rinde cp^2 der Seitenwurzel *rl*, welche noch in der primären Rinde cp^1 der Mutterwurzel *rm* eingeschlossen liegt, xs^1 secundäres Holz der Mutterwurzel, xs^2 der Seitenwurzel; cs^1 und cs^2 secundäre Rinde, *kw* verholzter Kern der Nebenwurzel im Holz der Mutterwurzel.

Fig. 70. Schema der Stellung der Knospen *gr* in Bezug auf Mutterwurzel *rm* und Seitenwurzel erster Ordnung rl^1 und zweiter Ordnung rl^2.

TAFEL VI.

Orobanche, *Cirsium*, *Picris*, *Aristolochia.*

Orobanche galii auf *Galium verum.*

Fig. 71. Verwachsung zweier dicken Orobanchewurzeln *ow* mit den Wurzeln von *Galium verum gw*; auf den Orobanchewurzeln sitzen »Morgensterne" mit Wurzelknospen *gr*, diese haben wieder Adventivwurzeln *ra* erzeugt; *hs* Haustorien, welche theilweise mit Galiumwurzeln verwachsen sind.

Fig. 72. Eine Galiumwurzel *gw* mit einer sprossenden und Haustorien *hs* führenden Orobanchewurzel *ow*.

Fig. 73. Entwicklung eines Haustoriums *hs* aus der primären Rinde *cp* augenscheinlich hinter einem Siebtheile des dreistrahligen Centralcylinders *cc*.

Fig. 74. Eine Knospe *gr* auf einer Orobanchewurzel *rm*; exogene Entstehung der Adventivwurzel *ra*; cp^1 und cp^2 primäre Rinde der Mutterwurzel *rm* und der Adventivwurzel *ra*.

Cirsium arvense.

Fig. 75. Die verschiedenen zu beobachtenden Sprossungen einer Wurzel. Gewöhnlich sitzt jede Knospe *gr* in der Oberachsel ihrer Seitenwurzel, also *rm* zugekehrt, bisweilen aber gesondert, wie gr^1; *ra* Nebenwurzeln der Sprosse; *76* Erhabenheit innerhalb welcher ein Wurzel und Sprossanlage. Das erste Blatt der Knospe ist der Seitenwurzel zugewendet.

Fig. 76. Die Erhabenheit *76* voriger Figur in Längsschnitt; *gr* die Knospe auf der Basis der Seitenwurzel *rl*, *cp* primäre Rinde, *sc* Secreträume der Endodermis, *cs* secundäre Rinde.

Fig. 77. Querschnitt einer Wurzel zugleich mit einer alleinstehenden Knospe *gr* und einer Seitenwurzel *rl*, *ep* Epidermis, *cp* primäre Rinde, *sz* secretführende Intercellularräume der Endodermis, *sb* primäre Siebbündel, *cs* secundäre Rinde, *xs* secundäres Holz, *xp* zweistrahlige Gefässplatte, *kw* verholzter Wurzelkern.

Picris hieracioides.

Fig. 78. Eine junge Pflanze deren Hauptwurzel an den Austrittstellen der Nebenwurzeln kleine Geschwülste erzeugt hat, aus welchen die Knospen hervorbrechen, welche oft in der Oberachsel sitzen; die Lateralwurzeln sind nicht selten paarig.

Fig. 79. Querschnitt einer Wurzel mit einer Seitenwurzel *rl*, welche zwei Knospen *gr* an ihrer Basis trägt.

Fig. 80. Eine Knospe in der Achsel der Seitenwurzel *rl*, *cp* primäre Rinde, mit Lufträumen *lk*, *cs* secundäre Rinde, *xs* secundäres Holz, *gf* Gefässbündelverbindung der Mutterwurzel.

Aristolochia Clematatis.

Fig. 81. Sprossende Wurzel *rm* und wurzelnder Spross *gr*-*sk*; *ra* die Nebenwurzeln deren Stand in Bezug auf Knospe und Mutterorgan in den nebenstehenden Skizzen angegeben, der Wurzelspross *gr* trägt nur eine mediane, der Stammspross *sk* zwei laterale Nebenwurzeln, f^1 bis f^5 die Blätter eines Wurzelsprosses.

Fig. 82 (18). Längsschnitt einer Wurzel mit der exogenen Knospe, *cp* die primäre Rinde, f^1 und f^2 die zwei ersten Blätter der Knospe, *gf* die centripetal entstehende Gefässbündelverbindung der Knospe mit dem Centralcylinder der Mutterwurzel.

Fig. 83 (18). Querschnitt einer 4-strahligen Wurzel mit einer Knospe *gr*, *cp* primäre Rinde, *f'* erstes Blatt der Knospe.

Fig. 84 (18). Eine sechsstrahlige Wurzel mit Seitenwurzel, welche beinahe gänzlich exogen entsteht, cp^1 und cp^2 primäre Rinde von Mutter- und Seitenwurzel *rl*.

Fig. 85 und 86 (18). Entwickelung der Knospe *gr* aus der Rinde einer sechsstrahligen älteren Wurzel. Eine Beziehung zwischen Stand der Knospe und Stellung der Gefässplatten existirt augenscheinlich nicht.

Fig. 86 (200). Die Uebergangsstelle *86* der vorigen Figur einer Knospenanlage in das Gewebe der Mutterwurzel; *ep* die schwarze Epidermis der letzteren, *gr* das Knospenmeristem.

REGISTER

DER

GATTUNGSNAMEN.

*

M.

N.

O.

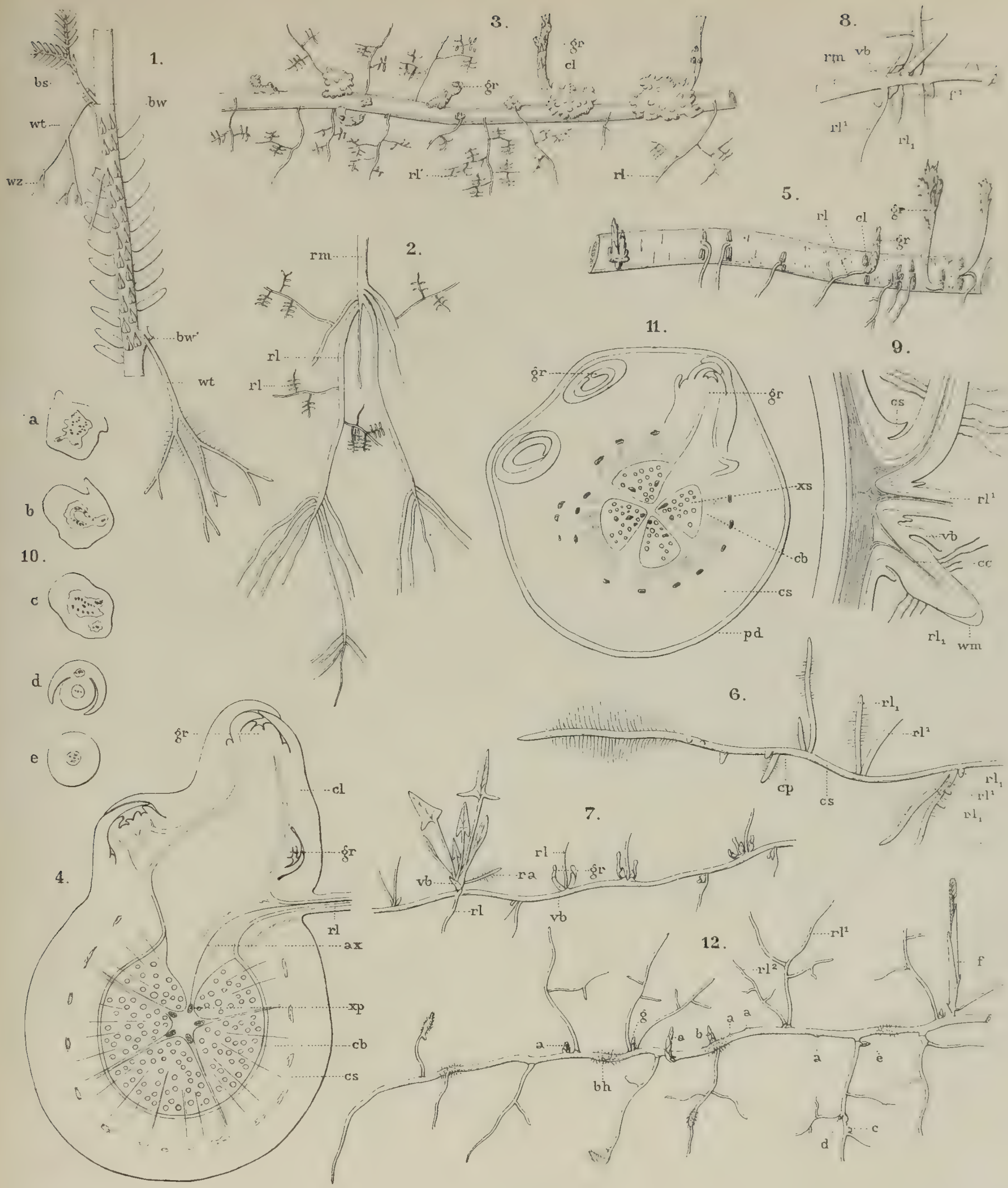
P.

R.

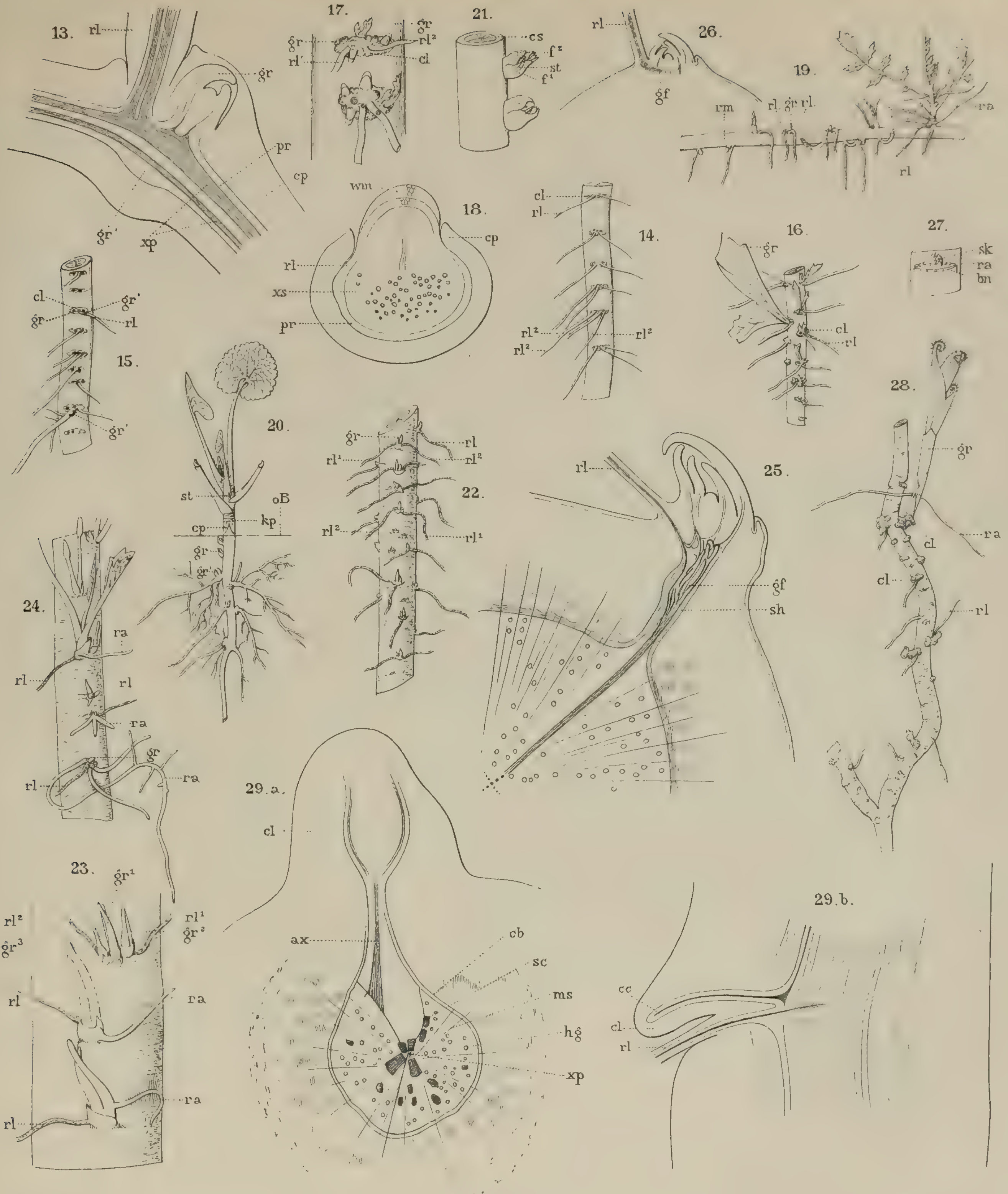
S.

T.

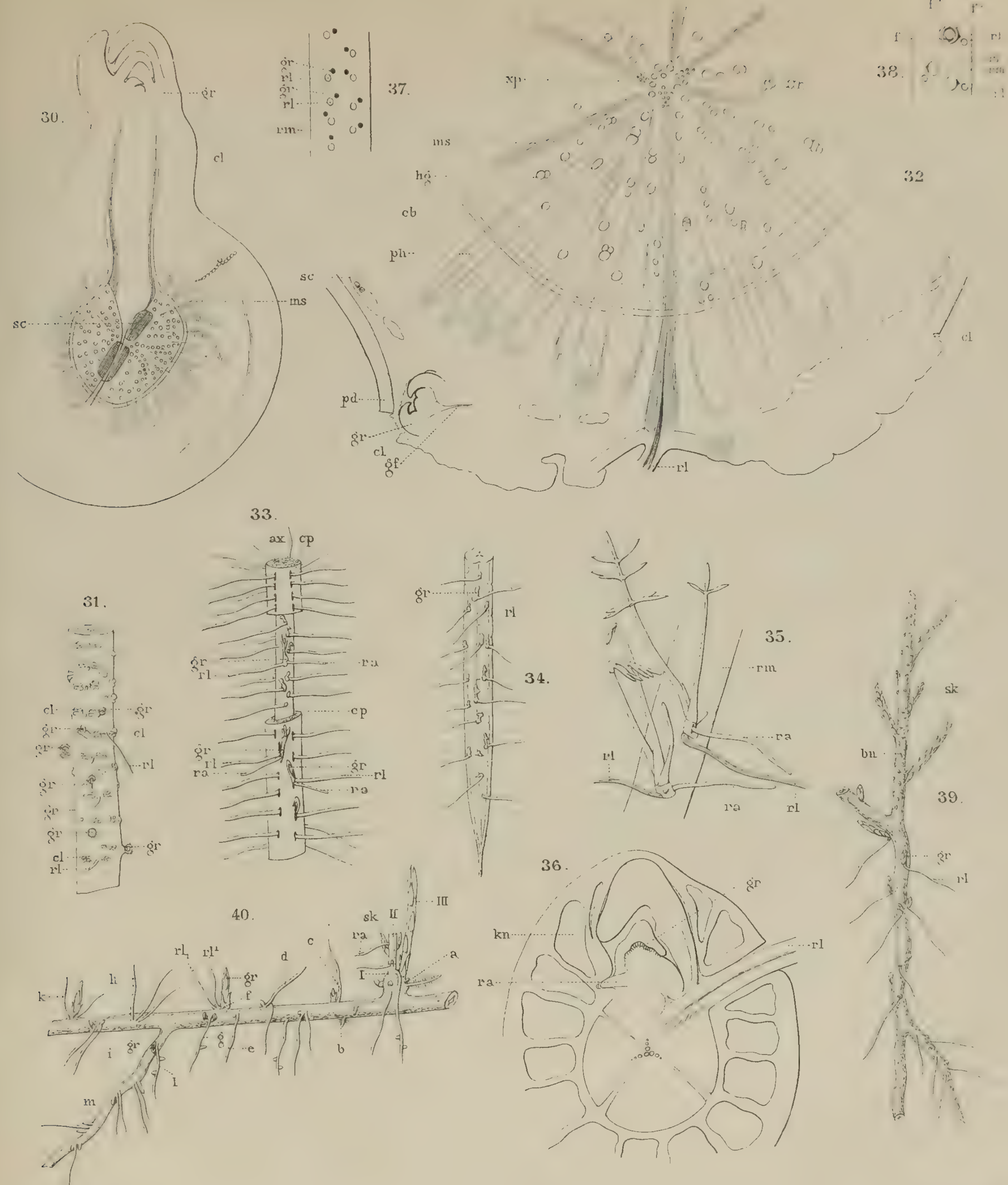
U.



M. W. Beijerinck del. P. W. M. Trap impr. A. J. Wendel sculps

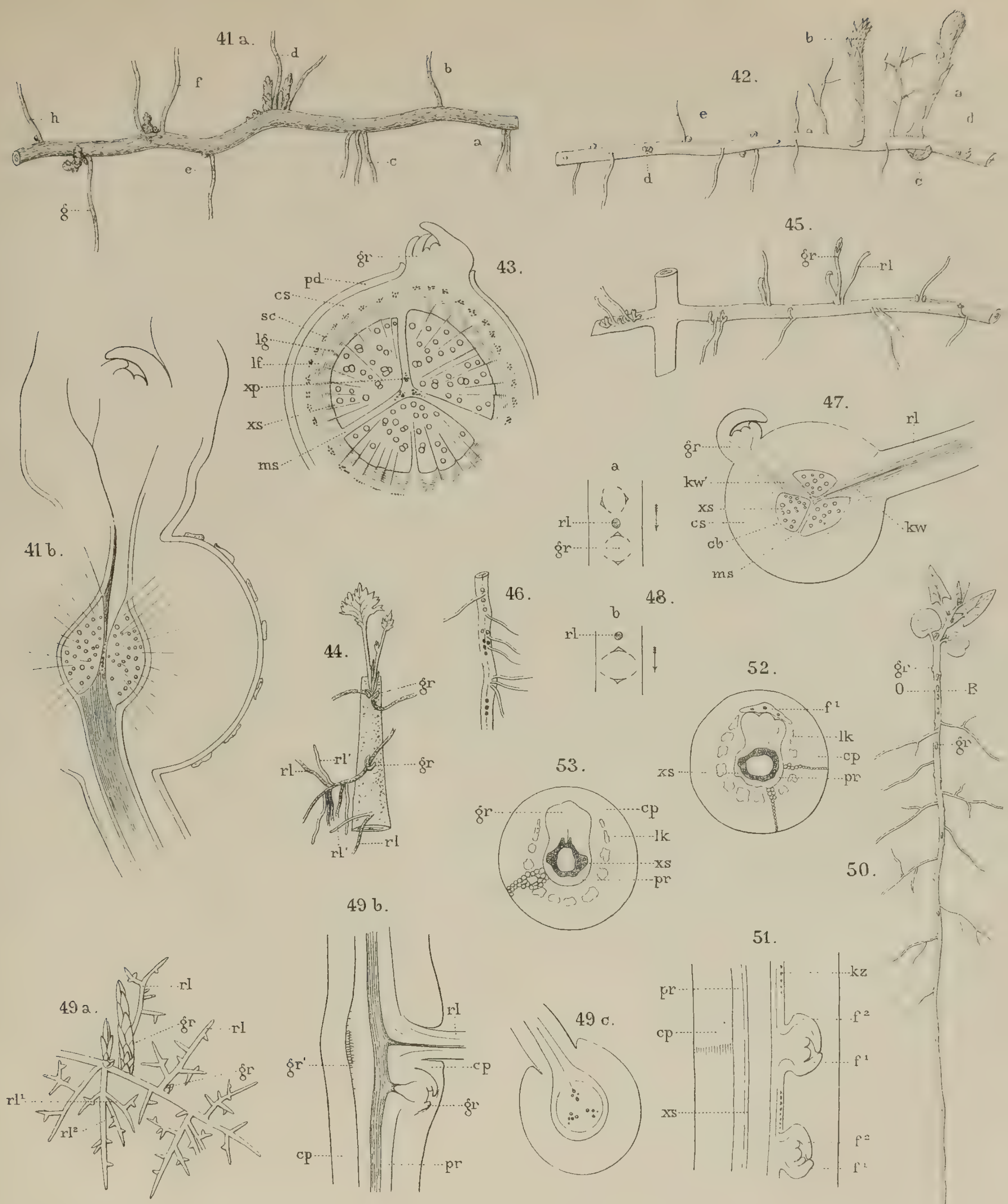


M.W.Beijerinck del.　　P. W.M.Trap impr.　　A.J.Wendel sculps.



M.W. Beijerinck del.

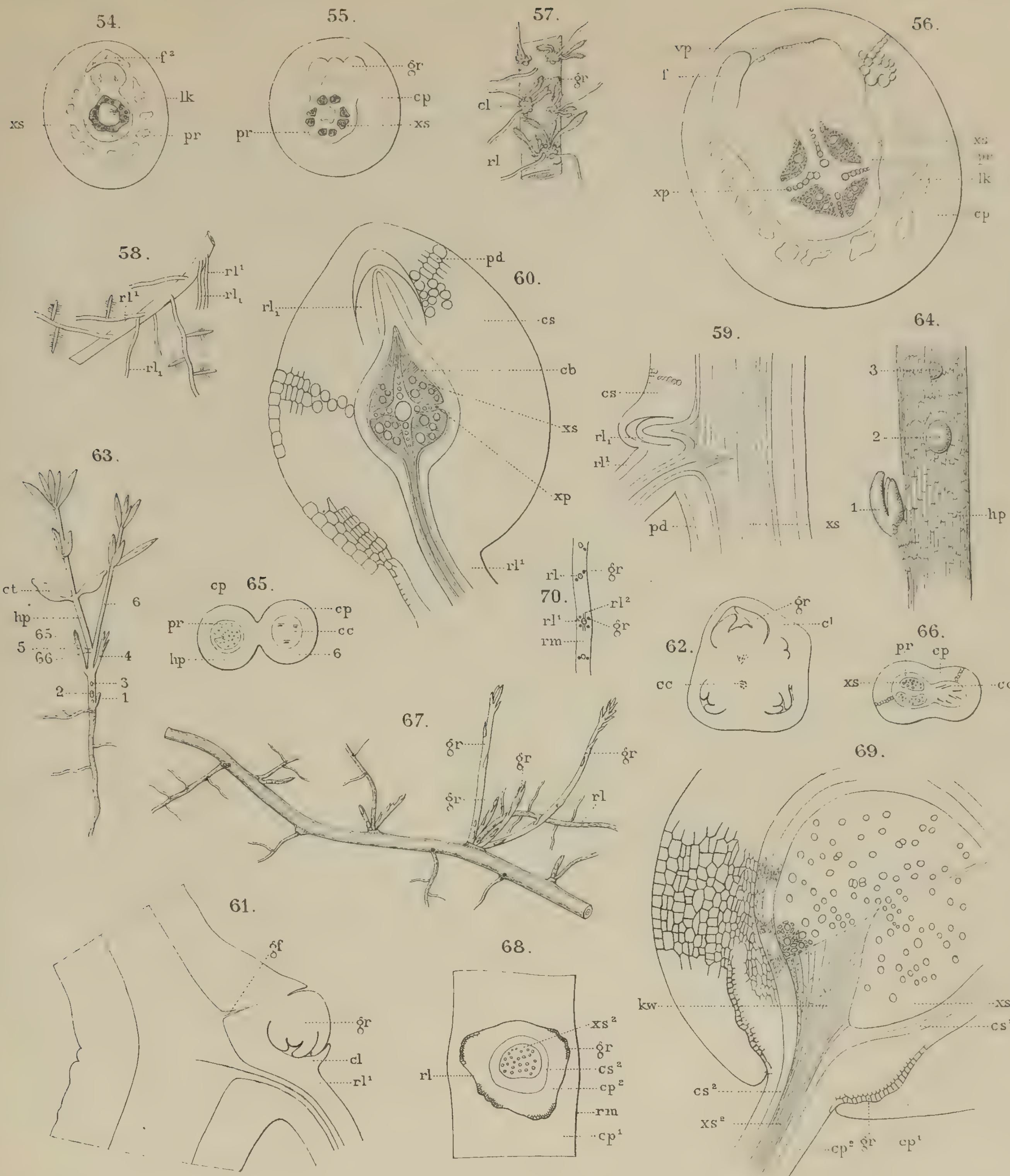
P.W.M. Trap impr.



M. W. Beijerinck del.

P. W. M. Trap impr.

A. J. Wendel sculps.



M. W. Beijerinck del. P. W. M. Trap impr. A. J. Wendel sculps.



M. W. Beijerinck del. P. W. M. Trap impr. A. J. Wendel sculps.

DRUCK VON DE ROEVER KRÖBER-BAKELS.

GEDRUKT BIJ DE ROEVER KRÖBER-BAKELS.